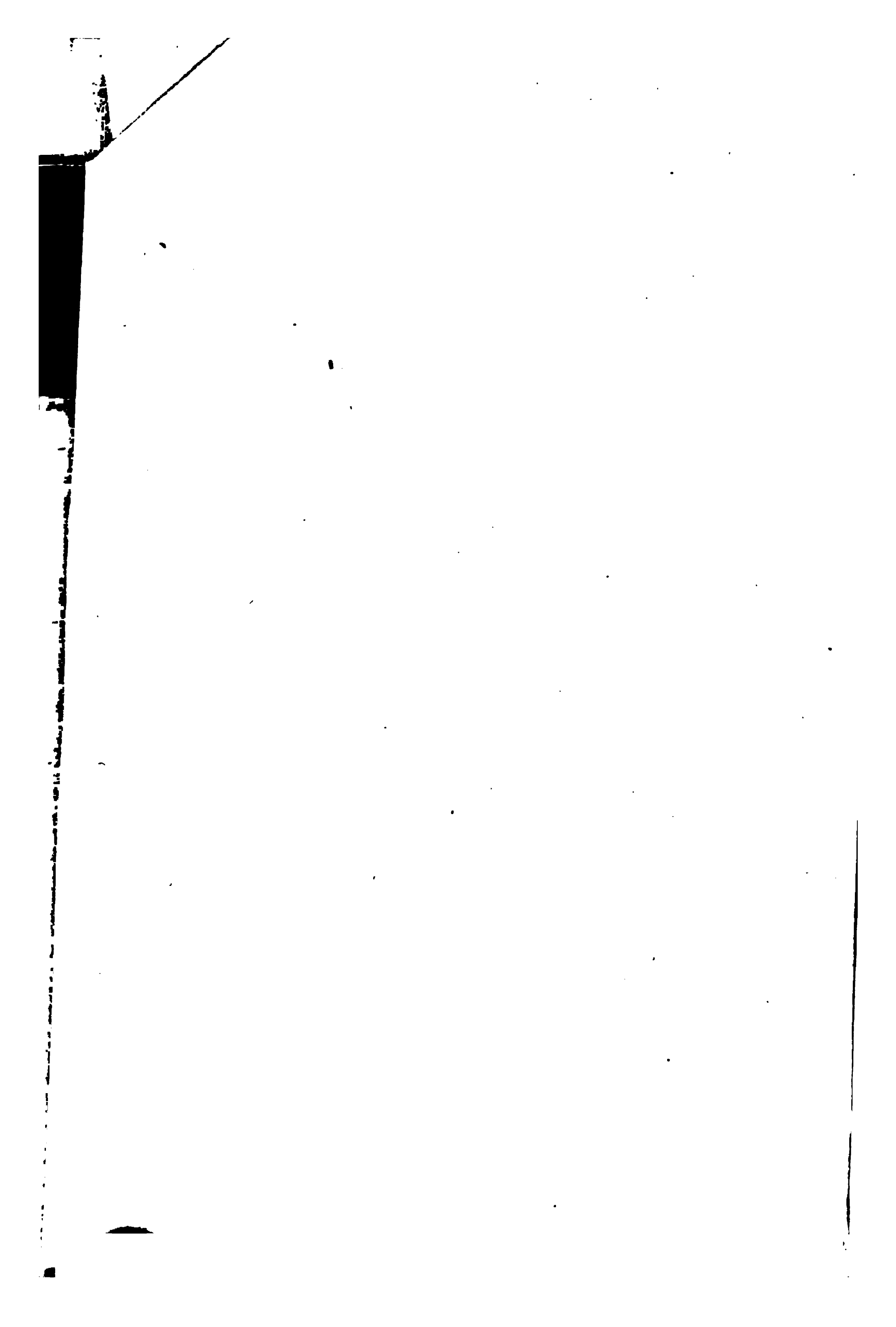



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE



DR. VON NEUMAYER'S

ANLEITUNG ZU WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN. DRITTE AUFLAGE.

BAND I:

GEOGRAPHISCHE ORTSBESTIMMUNG, GELÄNDE-AUFNAHME, GEOLOGIE, ERDBEBEN, ERDMAGNETISMUS, METEOROLOGIE, MEERESFORSCHUNG UND GEZEITENKUNDE, ASTRONOMIE U. S. W.

(MIT ZWEI LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.)



HANNOVER,
DR. MAX JÄNECKE, VERLAGSBUCHHANDLUNG
1906.

ANLEITUNG

ZU

WISSENSCHAFTLICHEN BEOBACHTUNGEN AUF REISEN

IN EINZEL-ABHANDLUNGEN

VERFASST VON

L. AMBRONN, C. APSTEIN, P. ASCHERSON, A. BASTIAN, F. BIDLINGMAIER, K. BÖRGEN, H. BOLAU, O. DRUDE, J. EDLER, S. FINSTERWALDER, G. FRITSCH, G. GERLAND, A. GÜNTHER, J. HANN, P. HOFFMANN, W. KÖPPEN, O. KRÜMMEL, J. VON LORENZ-LIBURNAU, F. VON LUSCHAN, E. VON MARTENS, P. MATSCHIE, K. MEINHOF, A. MEITZEN, G. VON NEUMAYER, A. ORTH, J. PLASSMANN, L. PLATE, A. UND F. PLEHN, L. REH, A. REICHENOW, F. VON RICHTHOFEN, G. SCHWEINFURTH, P. VOGEL, G. WISLICENUS, L. WITTMACK

UND HERAUSGEGEBEN VON

DR. G. VON NEUMAYER,

WIRKLICHER GEHEIMER RAT.

DRITTE

VÖLLIG UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE IN ZWEI BÄNDEN, MIT ZAHLREICHEN HOLZSCHNITTEN, PHOTOGRAPHISCHEN ABDRÜCKEN UND ZWEI LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

BAND I.



HANNOVER,

DR. MAX JÄNECKE, VERLAGSBUCHHANDLUNG

1906.

SEINER HOHEIT

DEM

HERZOG JOHANN ALBRECHT ZU MECKLENBURG,

PRÄSIDENTEN
DER DEUTSCHEN KOLONIAL-GESELLSCHAFT,

IN TIEFSTER EHRFURCHT

GEWIDMET.

DER HERAUSGEBER.

Vorwort zur dritten Auflage.

Wenn ich mich noch einmal dazu entschloſs, die Bearbeitung und Veröffentlichung einer dritten Auflage der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“ unter meiner Führung anzuregen, so ist dies lediglich dem Wunsche zuzuschreiben, das Werk, welches schon viele Jahre im Buchhandel vergriffen ist, nicht allzulange dem Gebrauch der vaterländischen wissenschaftlichen Forschung entzogen zu sehen. Stets hatte ich mich der Hoffnung hingegeben, daſs es mir gelingen würde, einen jüngeren Gelehrten für diese mühsame Arbeit zu ermutigen. Nahezu 18 Jahre sind seit der Veröffentlichung der zweiten Auflage verflossen, und es hat ein jeder Zweig der Naturforschung seitdem eine so vollständige Umgestaltung erfahren, daſs es mir kaum möglich erscheinen wollte, bei meinen Jahren der Aufgabe gerecht werden zu können, und überdies sind seitdem von meinen einstigen Mitarbeitern so viele gestorben, daſs es sich in erster Linie um die Erfüllung der schweren Pflicht handelte, die Lücken durch neue Kräfte auszufüllen. Unter den Heimgegangenen nenne ich nur die Namen W. Jordan, G. Hartlaub, R. Hartmann, H. Steinthal, F. Tietjen, R. Virchow, H. Wild, um die Verluste, die unsere gute Sache erlitten hat, und damit zugleich die Verantwortlichkeit, die ich durch Ersatzgewinnung zu übernehmen hatte, zu kennzeichnen. Manche der früheren Mitarbeiter waren wohl noch am Leben

aber sie fürchteten, den Anforderungen an ihre Arbeitskraft infolge der notwendigen Umgestaltungen der früher von ihnen übernommenen Zweige jetzt nicht mehr gerecht werden zu können, und lehnten eine weitere Mitarbeiterschaft ab. Wenn es mir dennoch gelungen ist, die entstandenen Lücken auszufüllen, so mufs ich dieses dankbar anerkennen, und ich trat denn auch unter dem 8. August 1903 frischen Mutes in die Arbeit ein. Ein um jene Zeit erlassenes Rundschreiben an die früheren und neugewonnenen Mitarbeiter setzte, in Voraussicht der erheblichen Schwierigkeiten, die sich der raschen Bearbeitung entgegenstellen mufsten, den Termin für die Ablieferung der druckfertigen Manuskripte erheblich weit hinaus, nämlich auf den ersten Februar des Jahres 1905. Zahlreiche Zirkulare und umfassende Korrespondenzen an die Mitarbeiter brachten schliefslich die Bearbeitung in einen solchen Flufs, dafs man einer günstigen Vollendung des Ganzen wohl entgegensehen durfte. Da traten unerwartete Ereignisse durch Sterbefälle der Vollendung des umfangreichen Werkes entgegen, die ein rasches Eingreifen für den Ersatz unerläfslich machen mufsten, wenn einer Unterbrechung oder gänzlichen Stockung vorgebeugt werden sollte. Zuerst starb mein Mitarbeiter an zwei Auflagen, Herr Geheimrat E. von Martens, zu Anfang des Jahres 1904, sodann mitten in der Schaffenskraft Friedrich Plehn gegen Ende des Jahres und im Juni des vorigen Jahres Herr Professor Edler. Zu Anfang des Jahres 1905 entrifs mir der Tod meinen Freund Adolf Bastian und im Anfang des Monats Oktober Herrn Geheimrat von Richthofen. Während die beiden zuletzt Genannten die übernommenen Arbeiten ausgeführt hatten und namentlich von Richthofen noch in den letzten Wochen seines Lebens die Korrekturen seines Beitrages völlig vollendete, mir die Herren Plehn und Edler nur Bruchstücke zur Verfügung hinterliefsen, konnte mir von Geheimrat von Martens kein Manuskript oder das Bruchstück einer Neubearbeitung seines Beitrags

übergeben werden. Dagegen hatte den Herrn Professor Plate das Gefühl der Pietät für den hochverdienten Forscher bestimmt, einen Teil der von ihm übernommenen Abhandlung nach dem Vorbilde in der ersten und zweiten Auflage so zu behandeln, dafs es möglich geworden ist, den Namen des hochverdienten Mannes auch in der dritten Auflage nicht entbehren zu müssen. Herr Geheimrat von Richthofen ist sonach in der dritten Auflage vollkommen für die „Anleitung“ erhalten geblieben, während der Nachlafs des Herrn Dr. Plehn durch seinen Bruder, Dr. med. Albert Plehn, das Fragment des Herrn Edler durch mich selbst vollendet bezw. neu bearbeitet wurde. Der hinterlassene Beitrag des in Westindien verstorbenen Geheimrat Bastian konnte, da unterdessen die Ethnographie durch Herrn Professor Dr. von Luschan in Verbindung mit der Anthropologie und Prähistorie bearbeitet und auch gedruckt worden war, nurmehr im Nachtrag zum zweiten Bande eine Verwertung finden. Ich kann es mir nicht versagen, an dieser Stelle der während der Bearbeitung der dritten Auflage der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“ verstorbenen Mitarbeiter in Dankbarkeit zu gedenken mit der Versicherung, dafs ich denselben, indem ich diese dritte Auflage herausgebe, das treueste Andenken bewahren werde.

Ich genüge ferner nur einer Pflicht, wenn ich die Namen derer erwähne, die es mir unter so erschwerenden Umständen durch ihre Unterstützung möglich machten, die Aufgabe zu einer befriedigenden Lösung zu fördern. In erster Linie mufs ich in dieser Hinsicht nennen Herrn Professor Emil Stück vom Observatorium in Wilhelmshaven, der mir seine erprobte Hilfeleistung zur Verfügung stellte, als es für mich notwendig wurde, den ursprünglich von Edler übernommenen Abschnitt über erdmagnetische Beobachtungen an Land nach neueren Erfahrungen zu bearbeiten. Auch von anderer Seite wurden mir zahlreiche Beweise freundlicher Hilfeleistung

entgegengebracht, für die ich, wenn ich sie auch hier nicht im einzelnen aufführe, aufrichtigste Erkenntlichkeit empfinde.

Im allgemeinen ist die Anordnung der Materie in der dritten Auflage nicht wesentlich gegen die früheren Auflagen geändert; allein es mufsten einzelne Zweige der Forschung nun hinzutreten, und nenne ich hier nur die Photogrammetrie, bearbeitet von Professor Finsterwalder, die Drachenaufstiege im Dienste der Meteorologie, bearbeitet von Professor Köppen, die Plankton-Fischerei, von Dr. Apstein, und die Erdbebenkunde, von Geheimrat Gerland. Aufserdem erwies es sich notwendig, dafs in dem Anhange zum ersten Bande die Ergänzungen und Erweiterungen zahlreicher sein mufsten als in den früheren Auflagen, was namentlich manchen neueren Forschungen zugute kommt, hier aber im einzelnen nicht aufgeführt werden kann.

Auch habe ich es für angedeutet erachtet, eine kurze Mitteilung aus der Geschichte des ganzen Unternehmens von den ersten Anfängen an folgen zu lassen und damit eine vollständige Liste sämtlicher Mitarbeiter an den drei Auflagen und über deren Beteiligung zu verbinden.

Wiewohl das ganze Werk, das vor mehr als 31 Jahren in erster Auflage erschienen ist, besonders verdienstlich gewirkt haben dürfte in Beziehung auf die Förderung der wissenschaftlichen Arbeit innerhalb der maritimen Kreise und ebenso in Beziehung auf die Einrichtung wissenschaftlicher Forschung in unseren Kolonien, so darf ich wohl betonen, dafs diese dritte Auflage insonderheit darauf berechnet ist, die deutschen kolonialen Bestrebungen zu fördern. In erster Linie war es der vaterländische Geist in der wissenschaftlichen Arbeit, der meine Herren Mitarbeiter und mich selbst mit ihnen anspornte, sodann aber auch der gleiche Sinn, dessen Betätigung, so hoffen wir alle, den Bestrebungen unserer Nation auf dem Gebiete der Kolonisation zugute kommen wird.

Auch sei es mir gestattet, das Mahnwort in früheren Auflagen auch in das Vorwort zu dieser herüberzunehmen, indem ich, aus einer reichen Erfahrung schöpfend, wieder betone, dafs sich der auf eine Forschungsreise ausziehende Gelehrte vor Antritt derselben gründlich unterrichten sollte über die Literatur der Gegenstände der Forschung und des geographischen Gebietes, dem er im besonderen seine Kräfte zu widmen gedenkt. Ein Hinausschieben der Gewinnung solcher Information, in der Hoffnung, es nachträglich und im Verlauf der Forschungsreise nachholen zu können, ist nicht rätlich, und kann davor nicht ernstlich genug gewarnt werden. Jedwede Anleitung kann nicht Ersatz bieten für die Vernachlässigung dieses wichtigen und ersten Desiderates. Auch erblicken wir in solcher eine Ungerechtigkeit gegen die Sache, der man sich widmet, und eine Ungerechtigkeit gegen den Reisenden selbst, indem er nur aus dem Studium der Literatur über den Gegenstand gründliche Winke erwerben kann, während er sich anderseits der Möglichkeit einer umsichtigen Vorbereitung beraubt. Die Geschichte der Forschungsreisen bietet Beispiele genug, die den verhängnisvollen Irrtum, der in einem Verschieben des vorherigen Einsammelns gründlicher Informationen enthalten ist, erweisen.

Neustadt a. Haardt, im Frühjahr 1906.

Aus der Geschichte der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen".

Es scheint mir nicht ohne Interesse, in Kürze einiges über die Entstehung der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen", die nun in dritter Auflage erscheinen soll, zu geben. Wenn ich einerseits es für eine Gerechtigkeit gegen mich erachte, dies zu tun, so ist es anderseits das Gefühl der Dankbarkeit gegen meine Mitarbeiter, das mich veranlafst, die nachfolgenden Zeilen zu schreiben.

Es würde nicht der Wahrheit entsprechen, wenn ich nicht die Tatsache erwähnen würde, dafs ich erhebliche Schwierigkeiten geschäftlicher Natur zu überwinden hatte, ehe das Werk eine sichere finanzielle Unterlage erhalten hatte. Der Gedanke eines solchen Werkes war in unserem Vaterlande zu neu, als dafs er sofort eine allseitige Aufnahme gefunden hätte. Nicht als ob ich nicht volles Verständnis bei den in den verschiedenen Fächern interessierten Gelehrten gefunden hätte; ich konnte vielmehr zu meiner Freude erfahren, dafs ich von dieser Seite die bereitwilligste Zusicherung der Unterstützung in Durchführung meines Gedankens erhielt. In finanzieller Hinsicht habe ich dankbarst anzuerkennen, dafs Seine Exzellenz der damalige Chef der Admiralität, Herr von Stosch, mir durch Zusicherung der Abnahme von 400 Exemplaren für die kaiserliche Marine, für welche das Werk insbesondere berechnet war, die geschäftliche Grundlage für die Herausgabe des kostspieligen Werkes sicherte.

Bei dem Erscheinen des Werkes, voraussichtlich zum letzten Male von mir veranlafst, erfüllt mich das Gefühl des wärmsten Dankes gegen meine Mitarbeiter, die mich in den drei Auflagen in treuester Weise unterstützt haben. Es erscheint mir nicht nur als eine Pflicht gegen diese, sondern auch als von grofsem Interesse für alle Zeiten, die Namen derselben an dieser Stelle zu verzeichnen.

In dem nachfolgenden Verzeichnis gebe ich die Namen sämtlicher Mitarbeiter in alphabetischer Ordnung, ihre Wohnorte und die Auflagen, an welchen sie sich beteiligten, sowie auch einige Bemerkungen, aus welchen die Gründe zu ersehen sind, weshalb nicht alle an dieser dritten wie auch an der zweiten Auflage sich beteiligt haben.

Verzeichnis

sämtlicher Mitarbeiter bei den drei Auflagen der „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen“.

Nr.	Vor- und Zuname der Mitarbeiter	Wohnort	Mitgearbeitet an der Auflage	Bemerkungen
1	Ambronn, Leopold	Göttingen	III	
2	Apstein, Karl	Kiel	III	
3	Ascherson, Paul	Berlin	I, II, III	
4	Bastian, Adolf	„	I, II, III	Gestorben am 3. Februar 1905. (Posthumes Manuskript.)
5	Bidlingmaier, Friedrich	„	III	
6	Börgen, Karl	Wilhelmshaven	II, III	
7	Bolau, Heinrich	Hamburg	II, III	
8	Drude, Oskar	Dresden	II, III	
9	Edler, Johannes	Potsdam	III	Gestorben am 2. Juli 1905. (Nur teilweise bearbeitetes posthumes Manuskript.)
10	Finsterwalder, Sebastian	München	III	
11	Förster, Wilhelm	Berlin	I	Von der Bearbeitung der 2. Auflage zurückgetreten.
12	Friedel, Karl	Potsdam	I	Gestorben am 20. April 1885.
13	Fritsch, Gustav	Berlin	I, II, III	
14	Gärtner, A.	Jena	II	Von der Bearbeitung der 3. Auflage zurückgetreten.
15	Gerland, Georg	Strafsburg i. E.	III	
16	Gerstäcker, August	Greifswald	I, II	Gestorben am 20. Juli 1895.
17	Griesebach	Göttingen	I	Gestorben am 9. Mai 1879.
18	Günther, Albert	London	I, II, III	
19	Hann, Julius	Wien	I, II, III	
20	Hartlaub, Gustav	Bremen	I, II	Gestorben im November 1900.
21	Hartmann, Robert	Berlin	I, II	Gestorben am 20. April 1898.
22	Hoffmann, Paul	Baden-Baden	II, III	
23	Jordan, Wilhelm	Hannover	II	Gestorben am 17. April 1899.
24	Kiepert, Heinrich	Berlin	I	Von der Bearbeitung der 2. Auflage zurückgetreten und gestorben am 21. April 1899.

Nr.	Vor- und Zuname der Mitarbeiter	Wohnort	mitgearbeitet an der Auflage	Bemerkungen
25	Köppen, Wladimir	Hamburg	III	
26	Koner, Wilhelm	Berlin	I	Gestorben am 2. Oktober 1887.
27	Krümmel, Otto	Kiel	II, III	
28	Lindeman, Moritz	Dresden	II	Von der Bearbeitung der 3. Auflage zurückgetreten.
29	Lorenz-Liburnau, J. R. v.	Wien	II, III	
30	Luschan, Felix von	Berlin	III	
31	Martens, Eduard von	"	I, II	Gestorben am 14. August 1904. Die frühere Arbeit durch Plate benutzt.
32	Matschie, Paul	"	III	
33	Meinhof, Karl	"	III	
34	Meitzen, August	"	I, II, III	
35	Möbius, Karl	"	I, II	Von der Bearbeitung der 3. Auflage zurückgetreten.
36	Neumayer, Georg von	Neustadt a. H.	I, II, III	
37	Oppenheim, Alfons	London	I	Gestorben am 16. September 1877.
38	Orth, Albert	Berlin	I, II, III	
39	Peters, K. A. F.	Kiel	I	Gestorben am 8. Januar 1880.
40	Plassmann, J.	Münster i. W.	III	
41	Plate, Ludwig	Berlin	III	
42	Plehn, Albert	"	III	
43	Plehn, Friedrich	Heluan	III	Gestorben am 29. August 1904.
44	Reh, Ludwig	Hamburg	III	
45	Reichenow, Anton	Berlin	III	
46	Richthofen, Freiherr Ferd. von	"	I, II, III	Gestorben am 6. Oktober 1905.
47	Schubert, Hermann	Hamburg	II	Von der Bearbeitung de 3. Auflage zurückgetreten.
48	Schweinfurth, Georg	Berlin	I, II, III	
49	Seebach, Karl von	Göttingen	I	Gestorben am 21. Januar 1880.
50	Steinthal, Hermann	Berlin	I, II	Gestorben am 14. März 1899.
51	Tietjen, Friedrich	"	I, II	Gestorben am 21. Juni 1895.
52	Virchow, Rudolf	"	I, II	Gestorben am 5. September 1902.
53	Vogel, Peter	München	III	
54	Weiſs, Edmund	Wien	I, II	An der Bearbeitung der 3. Auflage nicht beteiligt.
55	Wild, Heinrich von	St. Petersburg	I, II	Gestorben am 15. September 1902.
56	Wislicenus, Georg	Berlin	III	
57	Wittmack, Ludwig	"	I, II, III	

Verzeichnis der Abhandlungen mit den Namen der Verfasser für den I. Band.

Anhang.

Inhalt des ersten Bandes.

Geographische Ortsbestimmung auf Reisen.

Von

L. Ambronn.

I. Allgemeines.

§ 1. Kurze Erklärung der geographischen Koordinaten.

Dem Reisenden, welcher sich in fremde Länder begibt, um unsere Kenntnisse von der Erde auf ihrer Oberfläche oder in deren Innern zu erweitern, mag er auch ein Spezialgebiet der Wissenschaft vertreten, welches er will, so wird doch immer die rein geographische Einteilung der Erde ihm bekannt sein müssen. Die mathematische Geographie lehrt dann erst den Ort des näheren bezeichnen, an dem irgend eine neue geographische Entdeckung, ein wichtiger Fund gemacht wurde, oder wo eine bestimmte Stadt oder Gegend auf der Erde zu suchen sein wird. Die Mittel zu dieser näheren Bezeichnung werden durch ein geographisches Koordinatensystem gegeben, welches den Erdäquator zur Fundamentalebene hat und die gröfsten Kreise, welche auf dieser Ebene senkrecht stehen, die Meridianebenen, gewissermafsen als Ordinaten gebraucht, während deren Abstand untereinander, oder von einer gewissen, durch Konvention festgesetzten solchen Ebene aus gezählt, als Abszissen angesehen werden können. Die erstere der beiden Koordinaten nennt man bekanntlich die g e o g r a p h i s c h e B r e i t e und zählt sie vom Äquator nach Norden und Süden von 0 bis 90°, bis zum Pol, als nördliche und südliche geographische Breite. Die zweite Koordinate ist die g e o g r a p h i s c h e L ä n g e und als Ausgangspunkt wird von den Geographen fast allgemein derjenige Meridian angesehen, welcher durch die Sternwarte von Greenwich geht. Man zählt die Längen entweder von da nach beiden Seiten je bis 180° als östliche und westliche Länge von Greenwich oder auch wohl nach Osten

herum bis 360°. — Leider ist eine allgemeine Übereinkunft bezüglich des Nullmeridians noch nicht durchzuführen gewesen, indem die Franzosen die Längen noch stets vom Meridian von Paris resp. vom Meridian von Ferro[1]) aus zählen.

Es mögen hier die Beziehungen zwischen den gebräuchlichen Längenzählungen Platz finden. Es ist z. B.

30° östl. v. Ferro = 10° östl. v. Paris = 12° 20′ 14.4″ östl. v. Greenw. oder $\Delta\lambda$ Paris — Ferro = 20° 0′ 0.0″; $\Delta\lambda$ Paris — Greenw. 2° 20′ 14.4″.

Da die Erde ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid (Sphäroid) ist, so bildet die Richtung der Lotlinie einen kleinen Winkel mit der Verbindungslinie (Radiusvektor) des Beobachtungsortes nach dem Erdmittelpunkt. Der Winkel, welchen die Lotlinie mit dem Erdäquator macht, die geographische Breite (φ), ist immer gröfser als der, welchen der Radiusvektor mit der Äquatorebene macht. Den letzteren nennt man die geozentrische Breite (φ'). Der Unterschied ist für 45° am gröfsten (= 11.5′) und für den Pol und den Äquator gleich Null. (Siehe Albrechtsche Tafeln[2]).

§ 2. Koordinaten der Gestirne.

Ebenso wie man auf der Erde mit Hilfe des eben erläuterten Systems von Kreisen einen bestimmten Punkt sicher angeben kann, ist das auch mit den Orten der Gestirne an der Sphäre der Fall. Denkt man sich die Ebene des Äquators bis an das Himmelsgewölbe erweitert, so hat man die Fundamentalebene für die Deklinationen der Gestirne, welche also den geographischen Breiten auf der Erde entsprechen. Denkt man sich ähnlich den Meridianen auf der Erde auch am Himmel wieder gröfste Kreise senkrecht zur Äquatorialebene gezogen, so werden sich diese alle in zwei Punkten, den Polen des Äquators, schneiden. Diese Kreise selbst nennt man Stundenkreise und man wählt unter ihnen wieder einen aus, welcher als der nullte Stundenkreis bezeichnet wird. In diesem Falle ist es derjenige Stundenkreis, welcher durch den Frühlingsanfangspunkt geht, d. h. durch denjenigen Punkt, in welchem die Sonne steht, sobald sie von der süd-

---

[1]) Die Zählung von Ferro ist früher auf geographischen Karten sehr viel im Gebrauch gewesen. Der Nullmerdian wurde dann dadurch definiert, dafs derselbe genau 20° westl. von dem Pariser Meridian angesetzt wurde; durch die Insel Ferro ging derselbe dann gar nicht mehr hindurch!

[2]) Genau lautet der Ausdruck dafür

$$\varphi - \varphi' = 11' 30.65'' \sin 2\varphi - 1.16'' \sin 4\varphi.$$

lichen Halbkugel — von südlichen Deklinationen — nach der nördlichen Halbkugel — nach nördlichen Deklinationen — übergeht. Denkt man sich die Ebene der Erdbahn oder der scheinbaren Sonnenbahn bis an die Sphäre erweitert, so wird sie diese in einem gröfsten Kreise schneiden, in welchem im Laufe des Jahres die Sonne unter den Sternen fortzuwandern scheint. Dieser Kreis heifst die Ekliptik und die auf ihr senkrecht gedachten Kreise heifsen die Breitenkreise. Der Fundamentalabene des Äquators entsprechend bezeichnet man die Koordinaten der Gestirne mit Rektaszension (α) (gerade Aufsteigung) und Deklination (δ); mit Bezug auf die Ebene der Ekliptik mit Länge (λ) und Breite (β). Der Ausgangskreis für die Zählung der Stundenkreise sowohl, als auch für die Breitenkreise kann nunmehr strenger als derjenige definiert werden, der durch den Durchschnittspunkt von Ekliptik und Äquator geht, und man zählt sowohl Rektaszension als Länge im entgegengesetzten Sinne der Drehung der Erde um ihre Achse von 0^{0} bis 360^{0} oder von 0^{h} bis 24^{h} (0 Stunden bis 24 Stunden). Das sagt gleichzeitig aus, dafs im Laufe einer Umdrehung der Erde nach und nach die Stundenkreise 0^{h}, 1^{h}, 2^{h}, 3^{h} .... 23^{h} in die Ebene des Meridians eines Ortes gelangen. Als Meridian eines Ortes bezeichnet man denjenigen gröfsten Kreis, welcher durch Zenit und Pol hindurchgeht und auf dem Horizont senkrecht steht. Geht ein Gestirn infolge seiner scheinbaren täglichen Bewegung durch den Meridian hindurch, so sagt man, das Gestirn kulminiert, es erreicht in diesem Punkte im allgemeinen zugleich seine gröfste oder seine geringste Höhe über dem Horizont des Beobachtungsortes (Obere resp. Untere Kulmination). Horizont nennt man denjenigen gröfsten Kreis, in welchem eine durch den Mittelpunkt der Erde gelegte auf der Vertikalen im Beobachtungsort senkrecht stehende Ebene die Sphäre schneidet. Man spricht dann von einem wahren Horizont; von einem scheinbaren Horizont aber in der Bedeutung, dafs dieser dargestellt wird durch den eigentlichen Gesichtskreis auf freier Erdoberfläche[1]). Gröfste Kreise, welche auf dem Horizont senkrecht stehen und sich alle im Zenit (oberhalb) und im Nadir (unterhalb) des Beobachters schneiden, nennt man Höhenkreise. Die angulare Entfernung eines

---

[1]) Eine Ebene, welche dem wahren Horizont parallel liegt, aber durch den Beobachtungsort hindurchgeht, kann in allen Fällen mit Ausnahme der Beobachtung des Mondes oder der nächsten Planeten an Stelle des wahren Horizontes gesetzt werden.

beliebigen Höhenkreises von der Meridianebene, resp. von dem Punkte, in welchem diese den Horizont im Süden resp. im Norden schneidet (Südpunkt resp. Nordpunkt), nennt man das Azimut dieses Höhenkreises; den Abstand eines Gestirnes vom Horizont oder vom Zenit, gemessen auf den durch das Gestirn hindurchgehenden Höhenkreis, nennt man die Höhe resp. die Zenitdistanz desselben.

§ 3. Die Zeitmafse.

Es ist leicht einzusehen, dafs im Laufe eines Tages einmal alle Stundenkreise durch den Meridian gehen werden. Beginnt man die Zählung der Stunden mit der Kulmination des Frühlingsanfangspunktes, d. h. mit demjenigen Moment, in dem der nullte Stundenkreis durch den Meridian geht, so wird bis zur nächsten Kulmination desselben Punktes eine Umdrehung der Erde, ein Sterntag verflossen sein. — Die Erde dreht sich mit völlig gleichförmiger Geschwindigkeit, daher kann diese Umdrehung selbst als Zeitmafs benutzt werden und man sagt, es ist 1 Uhr Sternzeit, wenn ein Stern durch den Meridian geht, der um den 24. Teil des ganzen Umfanges des Kreises vom Frühlingsanfangspunkt absteht usw. Tritt an die Stelle eines Fixsternes die Sonne, so wird die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen der Sonne im selben Erdort verstreicht, nicht gleich einem Sterntag sein, sondern wegen der Umdrehung der Erde um die Sonne wird letztere scheinbar unter den Sternen nach Osten fortgerückt sein, und es wird länger dauern, bis sie wieder in den Meridian desselben Ortes kommt. Diese Differenz zwischen Sterntag und Sonnentag wird so viel betragen, als die Erde Zeit gebraucht, sich um den Winkel weiter zu drehen, der dem Bogenstück gleich ist, um welches die Sonne fortgeschritten ist; das wird im Durchschnitt $1 - \frac{360}{365 \cdot 2422}$ Tage sein. Nun bewegt sich aber die Erde nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne, da sie in einer Ellipse läuft, und deshalb wird auch die Zeit von einer Kulmination der Sonne bis zur andern nicht immer gleich sein können. Diesen Zeitabschnitt nennt man daher einen wahren Sonnentag. Da aber nach einem veränderlichen Zeitmafs weder bequem gerechnet noch eine zuverlässige Uhr angefertigt werden kann, so denkt man sich an die Stelle der wahren Sonne eine andere, fingierte Sonne gesetzt, die gleichförmig und in der Äquatorebene um die Erde ihre

scheinbare Bahn beschreibt. Diese Sonne heifst die mittlere Sonne, und die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen derselben ein mittlerer Sonnentag. Es müssen im Jahre offenbar ebensoviele wahre als mittlere Sonnentage sein, aber genau ein Sterntag mehr. Daraus ergibt sich ohne weiteres die Relation zwischen Sterntag, wahrem und mittlerem Sonnentag.

Es ist 1 Sterntag $= \frac{365 \cdot 2422}{366 \cdot 2422}$ mittl. Tage = 1 mittl. Tag — 3^m 55.91^s mittl. Zeit.

1 mittl. Tag $= \frac{366 \cdot 2422}{365 \cdot 2422}$ Sterntagen = 1 Sterntag + 3^m 56.555^s Sternzeit.

1 Stunde Sternzeit $= \frac{365 \cdot 2422}{366 \cdot 2422}$ Stunden mittl. Zeit

resp. 1^h mittl. Zeit $= \frac{366 \cdot 2422^h}{365 \cdot 2422}$ Sternzeit.

Für diese Verwandlungen hat man Tafeln berechnet, die sich in den astronomischen Jahrbüchern sowohl als auch in den astronomischen Tafelsammlungen in aller Ausführlichkeit abgedruckt finden. Vergleicht man den Lauf der wahren Sonne mit demjenigen der gedachten, mittleren Sonne, so werden diese bald zusammenfallen, bald sich von einander bis zu einem gewissen Betrage entfernen. Diesen Unterschied zwischen jeweiliger wahrer und mittlerer Zeit nennt man die Zeitgleichung. Sie findet sich für jeden Mittag in den astronomischen Jahrbüchern angegeben; man gebraucht diese Gröfse z. B. wenn man aus einer Beobachtung der Sonne (kann nur die wahre sein) den Stundenwinkel der mittleren Sonne, d. h. die mittlere Zeit berechnen will.

Die Zwischenzeit, welche zwischen den Kulminationen eines Gestirnes an zwei verschiedenen Erdorten verstreicht, ist, da die Umdrehung der Erde gleichförmig vor sich geht, auch zugleich ein Mafs für den Winkel, welchen die beiden Meridianebenen miteinander einschliefsen. Dieser Zeitunterschied ist daher direkt die Längendifferenz (λ)[1]) zweier Orte. Dieses gilt auch für einen Himmelskörper, der sich, wie die mittlere Sonne, gleichförmig zwischen den Sternen

---

[1]) Die geographischen Längen bezeichnet man mit λ, doch ist dieses nicht zu verwechseln mit den „Längen" der Gestirne, welche oben auch mit λ bezeichnet worden sind. Diese letzteren haben aber mit der geographischen Ortsbestimmung gar nichts zu tun.

weiter bewegt, wenn nur die Uhr, welche die Zeitdifferenz mifst, so reguliert ist, dafs sie die Zeit zwischen zwei Kulminationen in genau 24 Stunden teilt, d. h. dafs eine Stunde dieser Uhr verstreicht, wenn der Stundenwinkel dieses Gestirns um eine Stunde = 15° zunimmt.

§ 4. Jahrbücher und Ephemeriden.

Die Orte der Sonne, der Planeten, des Mondes und einer gröfserer Anzahl hellerer Fixsterne sind für bestimmte Zeiten in den astronomischen Jahrbüchern, den sogenannten Ephemeriden, angegeben und vorausberechnet. Da für die Wandelsterne (inkl. Sonne und Mond) es besonders wichtig ist, die Zeitangaben scharf zu präzisieren, so wählt man für dieselben diejenigen Zeiten, welche sich auf einen bestimmten Meridian beziehen. Die Angaben des Berl. Astronomischen Jahrbuches beziehen sich auf mittlere Zeit Berlin, diejenigen des Nautical Almanac auf Greenwich, die der Connaissance des Temps auf Paris usw. Die Genauigkeit und Vollständigkeit, welche diese Angaben in den einzelnen Ephemeriden besitzen, ist sehr verschieden. Für die hier in Frage kommenden Aufgaben eignen sich am besten die Connaissance des Temps und der Nautical Almanac. Einen Auszug aus letzterem enthält das deutsche Nautische Jahrbuch, leider sind aber dessen Angaben in neuerer Zeit ganz speziell für die Seefahrt eingerichtet und ist deshalb deren Genauigkeitsgrad soweit herabgesetzt worden, dafs es für Beobachtungen, bei welchen noch die Bogensekunde in Frage kommt, so gut wie unbrauchbar geworden ist, nur wegen der darin enthaltenen Tafeln kann es noch empfohlen werden. — Das Berliner Jahrbuch verfolgt rein astronomische Zwecke und ist demgemäfs eingerichtet, doch enthält es die schärfsten Orte für eine gröfsere Anzahl von Fixsternen. Die Liste dieser ist aber auch für sich käuflich.

§ 5. Interpolation.

Da naturgemäfs die Jahrbücher die Orte der Gestirne nur für bestimmte Zeiten, meist für den Mittag des betreffenden Tages enthalten (der Astronom zählt den Tag von Mittag zu Mittag, um in der Nacht, zur Zeit der Beobachtungen, nicht das Datum ändern zu müssen), so ist es erforderlich, dafs neben diesen Orten auch noch die Veränderungen derselben für 24^h oder für kürzere Zeitintervalle angegeben sind, um

mittels dieser Differenzen für jeden beliebigen Zeitmoment die Gestirnsorte berechnen zu können, denn die Beobachtungen werden wohl nie genau mit den Zeiten zusammenfallen, für welche die Jahrbücher die gebrauchten Daten enthalten. Man nennt dieses Verfahren Interpolation. Der Vorgang ist dabei in kurzen Zügen der folgende:

Seien t_1 und t_2 die Zeiten, für welche z. B. die Rektaszension der Sonne α_1 und α_2 gegeben sind, und will man nun wissen, welches α der Sonne der Zeit t entspricht, so hätte man zu bilden:

$$\Delta t = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \text{ und damit würde werden}$$

$$\alpha = \alpha_1 + \Delta t \; (\alpha_2 - \alpha_1).^{1)}$$

Für die Zeiten t_1 und t_2 wählt man mit Vorteil zwei Angaben, die dem Moment t möglichst nahe liegen und denselben zwischen sich schliefsen.

Entsprechen z. B. bei Messungen von Monddistanzen die Distanzen D_1 und D_2 den Greenwich-Zeiten t_1 und t_2 (in den Jahrbüchern von 3 zu 3 Stunden gegeben), und will man die Greenwich-Zeit t_0 für die Distanz D_0 kennen lernen, so würde zu bilden sein, wenn D_0 zwischen D_1 und D_2 liegt:

$$\Delta t = \frac{D_0 - D_1}{D_2 - D_1} (t_2 - t_1) \text{ und } t_0 = t_1 + \Delta t.$$

Oder will man genauer vorgehen mit Berücksichtigung der zweiten Differenzen, d. h. des Unterschiedes zwischen $t_2 - t_1$ und $t_3 - t_2$, so hat man aus drei aufeinanderfolgenden Tafelwerten zu bilden:

$$x = \frac{D_0 - D_2}{\frac{1}{2}(d_1 + d_2)} - \frac{d_2 - d_1}{d_2 + d_1} \cdot x^2; \text{ wo } d_1 = D_2 - D_1 \text{ und}$$

$d_2 = D_3 - D_2$ ist und vorausgesetzt wird, dafs D_0 zwischen D_2 und D_3 liegt. Es ist dann $t_0 = t_2 + x\,(t_3 - t_2)$. Die Gleichung für x mufs durch Näherung gelöst werden, indem man zuerst mit Vernachlässigung des zweiten Gliedes einen genäherten Wert von x findet und diesen dann zur Berechnung von x^2 verwendet. — (Im speziellen Fall der Monddistanzen siehe weiter unten und die betreffenden Erklärungen in den Jahrbüchern.)

---

[1]) Dieses Verfahren gilt nur so lange, als man annehmen kann, dafs die Ortsveränderung des Gestirnes der Zeit proportional vor sich geht. Das ist ganz streng genommen nie der Fall, aber abgesehen vom Mond kann man das immer annehmen, wenn nur $t_2 - t_1$ klein genug gewählt wird. — Vgl. Längenbestimmungen aus Mondbeobachtungen.

II. Instrumente, deren Gebrauch und Fehlerbestimmung.

§ 6. Uhren (Chronometer und Ankeruhren).

Um gröfsere Zeiträume in kleinere einzuteilen, bedient man sich entweder der Pendeluhren oder der Federuhren. Bei jenen ist das treibende Element die Schwerkraft, die bei jeder einzelnen Schwingung des Pendels gleich wirkt, so dafs die Zeitdauer einer Schwingung im allgemeinen nur von der Länge des Pendels abhängig ist. Diese Länge verändert sich aber mit der Temperatur, und zwar so, dafs der tägliche Gang einer Uhr mit Sekundenpendel für einen Grad Celsius sich um nahe $0,4^s$ ändert, wenn die Pendelstange aus Eisen, und um $0,7^s$, wenn sie aus Messing ist. Zur Beseitigung dieses Einflusses dient die sogenannte Kompensation; dieselbe besteht in der Zusammensetzung des Pendels aus verschiedenen Metallen in der Weise, dafs die Ausdehnung des einen Teiles diejenige des andern Teiles aufhebt, damit der Abstand des Schwingungspunktes des Pendels von seinem Aufhängepunkte für alle Temperaturen derselbe bleibt. Solche Pendeluhren erfordern aber eine feste Aufstellung, und sie sind deshalb auf Reisen nur dann zu gebrauchen, wenn monatelanger Aufenthalt an einem Orte in Frage kommt.

Für Reisezwecke sind nur Federuhren — Taschenuhren und Chronometer — zu verwenden, da hier das in Verbindung mit einer Feder als Regulator dienende kleine Rad — Unruhe, Balancier — bei jeder Lage der Uhr seine Schwingungen vollführen kann. Durch Reibung und Luftwiderstand geht bei jeder Schwingung Kraft verloren; diese mufs auf geeignete Weise wieder ersetzt werden. Bei den Pendeluhren geschieht das meistens durch ein Gewicht, bei Taschenuhren und Chronometern aber durch eine Feder, welche durch das Aufziehen gespannt wird. Da diese Spannung unmittelbar nach dem Aufziehen stärker wirkt, als wenn die Uhr bald abgelaufen ist, so läfst man die Feder, obgleich von ihr nur die mittleren Windungen benutzt werden, nicht direkt auf die Räder wirken, sondern zunächst vermöge einer Kette auf die sogenannte Schnecke, welche dann erst die Bewegung der übrigen Teile hervorzubringen strebt. Durch das Aufziehen windet sich die Kette spiralförmig um die sich verjüngende Schnecke, so dafs der Hebelarm, mittels dessen die Schnecke auf das Getriebe wirkt, anfangs nach dem Aufziehen bedeutend kleiner ist als längere Zeit nach demselben. Die Form der Schnecke mufs

nun so sein, dafs dieser Hebelarm der Federspannung stets entspricht. Die Schnecke ist zuweilen auch wohl durch eine besondere Konstruktion der Triebfeder oder durch eine besondere Einrichtung der Hemmung (Echappement) ersetzt.

Die zunehmende Wärme wirkt auf eine Federuhr in doppelter Weise: erstens vergröfsert sich die Unruhe und es nimmt dadurch die zu einer vollen Bewegung erforderliche Zeit zu, und zweitens vermindert sie die Elastizität der Spiralfeder. Die Veränderungen in der Triebfeder kommen kaum in Betracht. Eine Temperaturänderung von 1° kann eine tägliche Gangänderung von über 10 Sekunden hervorbringen, davon entfallen etwa 1—2 Sekunden auf die Veränderung des Trägheitsmomentes der Unruhe und 9—10 Sekunden auf die Elastizitätsänderung der Spiralfeder. Eine Kompensation läfst sich daher nur für eine Temperaturdifferenz von etwa 30° erreichen, über diese Grenze hinaus nimmt der Einflufs der Temperatur auf den Gang sehr rasch zu; es ist daher unerläfslich, die Temperatur der Uhr stets innerhalb enger Grenzen zu halten, die deshalb von vornherein, je nach der Bestimmung der Uhr, so eingerichtet werden müssen, dafs ein Überschreiten nicht notwendig wird. Um die Temperatur, in welcher sich die Uhren befinden, ermitteln zu können, bringe man in dem Kasten, der zur Aufbewahrung der Uhren dient, ein Thermometer an, dessen Angaben man täglich, besonders bei Temperaturwechsel, aufzeichnet. Vor raschem Temperaturwechsel suche man die Uhr möglichst zu schützen, indem man sie z. B. in kühlen Nächten mit schlechten Wärmeleitern, wie Kleidern usw., umhüllt.

Ferner hat man noch Sorge zu tragen, dafs die Uhr stets möglichst in derselben Lage bleibt, in der sie reguliert ist, weil für eine geänderte Lage ein veränderter Druck der Spirale auf den Zapfen und hierdurch ein veränderter Gang eintreten kann. So sind die gröfseren Chronometer (Box-Chronometer) nur für die horizontale Lage korrigiert; durch geeignete Aufhängung ist dafür zu sorgen, dafs sie stets in dieser Lage verharren. Bei der Regulierung von Taschenuhren und Taschenchronometern ist zwar in der Regel auf verschiedene Lagen Rücksicht genommen, will man aber einen gleichförmigen Gang erzielen, so ist es auch hier ratsam, sie stets in derselben Lage zu lassen, sie z. B. nicht horizontal hinzulegen, wenn sie beim Tragen vertikal in der Tasche hängen. Jede Erschütterung wirkt störend auf den Gang, ein rasches Drehen in der Ebene der schwingenden Unruhe kann sie selbst sofort zum Stehen bringen. Für langsamer schwingende Uhren

(Halbsekundenuhren) sind die Erschütterungen viel gefährlicher als für rasch schwingende; daher sind für den Transport auf Reisen gute Taschenuhren viel geeigneter als gröfsere Chronometer, während letztere wieder beim längeren Aufenthalt an einem Orte die geeignetsten Zeitmesser sind. Unter den Taschenuhren sind die sogenannten Ankeruhren die besten, da sie gegen Erschütterungen am wenigsten empfindlich sind. Gute Chronometer gehen täglich innerhalb einer halben Sekunde genau, wenn sie an ein und demselben Ort belassen werden, während die Schwankungen des Ganges selbst bei guten Taschenuhren täglich 1—3 Sekunden und beim Transport noch mehr betragen können. Endlich ist noch darauf zu achten, dafs man keinen starken Magneten in unmittelbare Nähe der Uhr bringt, weil dadurch sofort ein höchst unregelmäfsiger Gang derselben eintritt. Dafs es ratsam ist, die Uhr stets zu derselben Zeit aufzuziehen, dürfte aus dem über die Schnecke Gesagten genugsam hervorgehen.

§ 7. Stand und Gang der Uhren.

Unter Stand einer Uhr (Uhrkorrektion $= \Delta u$) versteht man die Anzahl Stunden, Minuten und Sekunden, um welche die Uhrzeit von der richtigen Zeit abweicht. Man nimmt den Stand positiv, wenn die Uhr gegen diese Zeit zurück, und negativ, wenn sie gegen dieselbe voraus ist. Mit täglichem Gang der Uhr (δu) bezeichnet man die Anzahl Sekunden, um welche die Uhrzeit in 24 Stunden gegen eine bestimmte Zeit (mittlere Zeit oder Sternzeit) zurückbleibt oder voreilt. Im ersteren Falle wird der tägliche Gang positiv, im letzteren negativ genommen.

Von einer guten Uhr mufs vor allem verlangt werden, dafs sie einen gleichförmigen Gang habe, auf die Gröfse desselben kommt es weniger an. Ist derselbe nicht gar zu grofs, so korrigiere man den Gang nicht, sondern ziehe ihn mit in Rechnung. Durch die Korrektion verändert sich in der Regel auch die Kompensation. Der Gang der Uhr mufs so oft als möglich ermittelt werden. Hält der Reisende sich längere Zeit an demselben Orte auf, so sind häufiger Zeitbestimmungen anzustellen, besonders zu Anfang und am Ende des Aufenthaltes, aufserdem aber natürlich auch zur Zeit der Ausführung anderer Beobachtungen. An einem Aufenthaltsorte, dessen Länge genau bekannt ist oder welche bestimmt werden soll, mufs vor allem auf gute Zeitbestimmung gesehen werden.

Beim Einkaufe [1]) einer Uhr ist noch besonders darauf zu achten, dafs Minuten- und Sekundenzeiger mit der zugehörigen Teilung des Zifferblattes stimmen, dafs sie also nicht exzentrisch zu derselben angebracht sind. Bei kurzem Sekundenzeiger kann die exzentrische Stellung desselben äufserst leicht zu Irrtümern in der Ablesung der Zeit Anlafs geben.

Will man zwei Uhren miteinander vergleichen, die einen bedeutenden Gangunterschied haben, z. B. eine Uhr, die nach mittlerer Zeit geht, mit einer, die nach Sternzeit geht, so warte man den Moment ab, in welchem zwei Schläge genau miteinander koinzidieren. Da das Ohr für die Koinzidenz zweier Töne sehr empfindlich ist, erhält man so die Differenz beider Uhren für diesen Moment bis auf ein bis zwei hundertstel Sekunden genau. Die Vergleichung zweier Uhren mit nahe gleichem Gange führt man daher auch am sichersten durch Zwischenschaltung einer dritten von starkem Gangunterschied aus. Es ist sehr zu raten, sowohl für diesen Zweck als auch für die Beobachtung von Sternen mindestens eine Uhr mit deutlichem Schlage nach Sternzeit regulieren zu lassen.

Bei astronomischen Beobachtungen sehe man vor allem darauf, dafs die Uhr bequem plaziert ist, um sowohl ihre Schläge deutlich zu hören, als auch um die Zeit mit möglichst geringem Zeitverlust ablesen zu können. Auf Reisen, wo man in der Regel Uhren anwendet, die entweder zwei Schläge in einer oder fünf Schläge in zwei Sekunden machen, verfährt man am besten auf folgende Weise. Kurz vor Eintritt des zu beobachtenden Moments merkt man sich die Sekunde und zählt alle Schläge, bis der Eintritt erfolgt ist, sehe dann aber stets, bevor man aufhört zu zählen, wieder nach der Uhr, um sich zu vergewissern, dafs man sich nicht verzählt hat. Aus den bis zum Eintritt gezählten Schlägen wird man leicht die Zeit desselben ableiten. Häufig läfst sich die Zeit des Eintritts eines Moments (z. B. einer Sternbedeckung) im voraus nicht genau genug angeben, um kurz vorher mit dem Zählen beginnen zu können; in diesem Falle fange man erst mit dem Eintritt des Phänomens mit 0 an zu zählen und entnehme erst darauf die Zeit von der Uhr [2]). Sind mehrere Momente in so kurzer Zeit hintereinander zu beobachten, dafs man

---

[1]) Der Einkauf geschieht am zweckmäfsigsten durch oder unter Vermittlung eines Chronometer-Prüfungsinstitutes, wie das in Hamburg bei der Seewarte bestehende.

[2]) Bei dieser Art des Zählens ist es aber sehr schwer, nach Zehnteln der Sekunde zu schätzen.

zwischen denselben nicht Zeit genug hat, um nach der Uhr zu sehen, so zähle man alle Schläge von Anfang bis Ende, notiere aber diejenigen für jeden Eintritt, ohne nach dem Schreiben hinzusehen, wobei man das Auge unverwandt vor das Fernrohr hält und dabei weiter zählt. Eine kurze Übung wird hinreichen, dies fertig zu bringen. Unter allen Umständen ist es gut, mehrere Uhren zur Verfügung zu haben, von denen nur eine als Beobachtungsuhr benutzt wird und vor und nach jeder Beobachtung mit einer oder besser mit allen andern verglichen werden mufs. Sehr bequem, aber nicht immer ganz zuverlässig, sind auch die sogenannten „Stopuhren", deren Zeiger sich durch einen Druck in Bewegung setzen und sodann arretieren läfst. Nach einem dritten Druck springt der Zeiger auf $0^h\ 0^m\ 0^s$ zurück.

§ 8. Reflexionsinstrumente.

Die Reflexionsinstrumente (Spiegelsextant, Oktant, Prismen- oder Spiegelkreis) haben vor allen andern Instrumenten den Vorteil, dafs sie keiner festen Aufstellung bedürfen. Sie eignen sich daher ganz besonders zu astronomischen Messungen an Bord der Schiffe oder an Orten, wo aus andern Gründen sichere Aufstellung nicht gut möglich ist. Auf Landreisen werden sie in neuerer Zeit vielfach mit Vorteil durch die kleinen Reise-Universalinstrumente ersetzt; doch gibt es auch Messungsmethoden, bei denen die Reflexionsinstrumente nicht durch andere Instrumente ersetzt werden können (Monddistanzen). Es dürfte sich daher empfehlen, wenn der Reisende neben einem kleinen Universalinstrument auch einen Sextanten oder Prismenkreis bei sich führen würde.

Der Sextant oder Oktant (Fig. 1) besteht aus einem möglichst stark, aber dabei leicht gearbeiteten und an seiner Peripherie mit einer Gradteilung versehenen Kreissektor von etwa $^1/_6$ resp. $^1/_8$ des Kreisumfanges. Im Zentrum dieses Sektors befindet sich in Form eines konischen Zapfens die Drehachse für eine Alhidade, welche an dem über die Teilung hinweggehenden Ende mit einem Vernier oder Nonius versehen ist. Die Alhidade kann an dem Sektor festgeklemmt und dann noch durch ein sogenanntes Mikrometerwerk fein gegen die Teilung selbst bewegt werden, um eine schärfere Einstellung, als sie aus freier Hand möglich ist, bewirken zu können.

Nahe dem Drehpunkt der Alhidade steht fest mit ihr verbunden, senkrecht zur Fläche des Sextanten, ein Spiegel von

3—4 cm Höhe und 6—8 cm Breite. Seitwärts ist an dem Sektor ein Fernrohr angebracht, dessen Absehlinie parallel mit der Sextantenebene steht, und welches gegen einen kleineren Spiegel gerichtet ist, der an dem andern Endradius des Sektors ebenfalls senkrecht zu dessen Fläche angebracht ist. Dieser Spiegel (der kleine Spiegel) ist nur zur Hälfte mit Folie belegt, und das Fernrohr wird daher durch die unbelegte Hälfte hindurch direkt auf ein in seiner Gesichtslinie gelegenes Objekt gerichtet werden können, während die andre

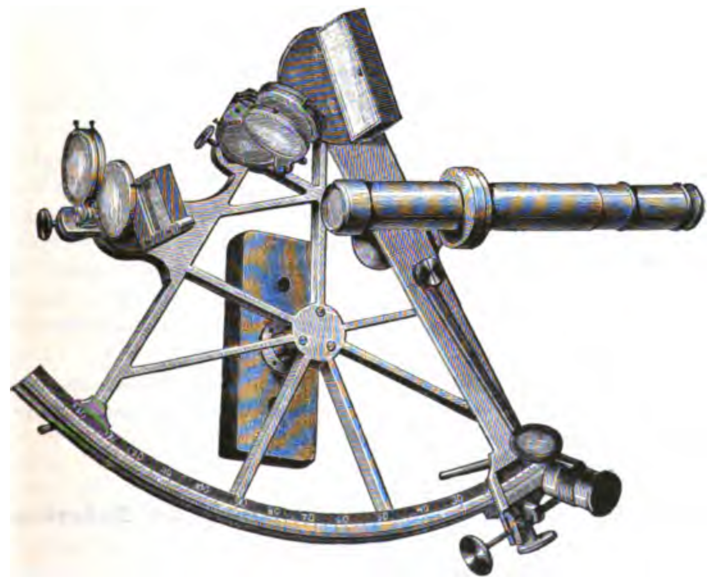


Fig. 1.

Hälfte Lichtstrahlen empfängt, die von der belegten Hälfte des kleinen Spiegels reflektiert worden sind. — Stellt man die Alhidade so, dafs nach Reflexion an dem grofsen und dem kleinen Spiegel Strahlen von einem zweiten Objekt in das Fernrohr gelangen und sich dort zum Bild vereinigen, so werden die beiden Richtungslinien vom Beobachter nach beiden Objekten (dem direkt und dem nach Reflexion an beiden Spiegeln) sehr nahe am Auge des Beobachters einen Winkel miteinander einschliefsen, welcher nach den optischen Gesetzen doppelt so grofs ist als derjenige, welchen die beiden Spiegelflächen miteinander bilden. Ist die Teilung auf dem Sektor

so aufgetragen, dafs man am Vernier 0° 0′ 0″ abliest, wenn beide Spiegel einander parallel stehen, so wird man im eben geschilderten Falle dann am Vernier einen Winkel finden, der gleich dem gemessenen ist, denn die Bezifferung der Teilung ist schon so eingerichtet, dafs die an den Gradstellen stehenden Zahlen das Doppelte des Drehungswinkels der Alhidade oder des Neigungswinkels beider Spiegel gegeneinander angeben. Die Angabe des Verniers wird aber nur dann richtig sein, wenn derselbe auf Null zeigt für den Fall, dafs die beiden Spiegel parallel stehen, oder wenn man im Fernrohre die beiden Bilder eines sehr entfernten Objektes zur Deckung gebracht hat.

Soll ein Sextant richtige Messungen liefern, so müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein, die der Reisende immer wieder in geeigneten Zwischenzeiten kontrollieren soll, denn es wird sich kein Beobachter jemals auf die Zuverlässigkeit seines Instrumentes ohne vorhergegangene eigene Prüfung verlassen, mag es auch aus der Hand des zuverlässigsten Mechanikers gekommen sein. Einmal ist kein Instrument so stabil zu bauen, dafs es für alle Zeiten in gleichem Zustande verbliebe, und anderseits sind gerade auf Reisen die Instrumente häufig den verschiedensten und nicht immer abzuwendenden Unbilden ausgesetzt.

Die erwähnten Bedingungen und die Methoden zu ihrer Prüfung resp. zu entsprechenden Korrekturen sind in den folgenden Paragraphen näher behandelt.

§ 9. Fehlerbestimmung resp. Justierung der Reflexionsinstrumente.

1. Beide Spiegel sollen senkrecht zur Ebene des Sextanten stehen. Um zu untersuchen, ob der grofse Spiegel richtig steht, stelle man die Alhidade etwa auf die Mitte der Teilung und halte das Instrument so, dafs das Auge dicht am grofsen Spiegel sich befindet, dann wird man an diesem vorbei einen Teil des Kreisbogens direkt und in ihm reflektiert denselben Teil sich an den ersteren ansetzend sehen. Liegt das direkt gesehene Stück der Teilung mit seinem reflektierten Bilde in einer Ebene, d. h. bilden beide die direkte Fortsetzung voneinander in ungebrochener Linie, so steht der Spiegel senkrecht. Andernfalls mufs er mittels der Schräubchen, welche zu diesem Zweck an der Rückfläche seiner Fassung oder an dem Stück, mit welchem er auf der

Alhidade befestigt ist, angebracht sind, korrigiert werden. Ein Versuch lehrt sofort den richtigen Sinn dieser Korrektur [1]).

Um diese Stellung des kleinen Spiegels zu prüfen, stelle man die Alhidade nahe auf Null, d. h. die beiden Spiegel nahe parallel und bringe dann das durch das Fernrohr direkt gesehene Bild mit dem gleichzeitig im Gesichtsfelde erscheinenden reflektierten Bilde desselben entfernten Objektes, am besten eines Sternes, so nahe zur Deckung als möglich. Läſst sich diese Deckung durch Bewegen der Alhidade vollständig erreichen, so steht der kleine Spiegel auch senkrecht zur Ebene des Sextanten. Ist das aber nicht der Fall, so muſs der kleine Spiegel mit Hilfe der immer vorhandenen Korrektionsschrauben, die ihn um eine zur Sextantenebene parallele Achse zu kippen gestatten, so lange korrigiert werden, bis beim Bewegen der Alhidade die erwähnten beiden Bilder zur Deckung zu bringen sind. Sextanten, bei welchen diese Korrektur vorgenommen werden kann, ohne gleichzeitig den kleinen Spiegel auch in anderm Sinne (Indexfehler) zu drehen, sind solchen vorzuziehen, bei denen die Drehung um Achsen erfolgt, die schief zur Sextantenebene stehen.

2. Die optische Achse des Fernrohres soll mit der Ebene des Instrumentes parallel, also in einer zu den Spiegelflächen senkrechten Ebene liegen. Man wähle zwei um einen groſsen Winkel voneinander entfernte Gegenstände und bringe das Bild des einen mit dem direkt gesehenen andern zur Deckung an einem der beiden Parallelfäden, die man vorher parallel zur Sextantenebene gestellt hat. Bewegt man darauf den Sextanten, bis die Bilder auf den andern Parallelfaden fallen, und ist die Deckung dann noch vollständig, so ist die optische Achse, die mitten durch die Parallelfäden geht, richtig gestellt. Eine andre noch sicherer Prüfung kann dadurch vorgenommen werden, daſs man genau über die Ebene des Sextanten hinweg scharf nach einem sehr entfernten Objekte visiert; erscheint dieses dann auch in der Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohres, so ist die Absehenslinie desselben parallel zur Sextantenebene. Manchen Instrumenten sind zur Erleichterung der Visur über die Sextantenebene kleine, gleich hohe Diopter beigegeben. Ist das Fernrohr mit keiner Korrektionsschraube

---

[1]) An den neueren Instrumenten sind meist keine Korrektionsschräubchen mehr vorhanden, da dieselben die Befestigung etwas unsicher machen, die Mechaniker stellen den Spiegel jetzt sehr sicher richtig und dann fest.

versehen, so ist die richtige Stellung desselben durch kleine Keile zu bewirken, die man zwischen Fernrohr und Hülse einzwängt.

3. Stellt man beide Spiegel zueinander parallel, indem man das direkt gesehene Bild eines sehr weit entfernten Gegenstandes mit dem reflektiert gesehenen desselben Gegenstandes zur Deckung bringt, so sollte man für diese Stellung am Limbus die Ablesung 0 machen, oder der Nullpunkt der Alhidade (des Nonius) sollte genau dem Nullpunkte des Limbus gegenüberstehen. Dies wird im allgemeinen nicht der Fall sein, sondern man wird eine Ablesung erhalten, welche dann denjenigen Punkt der Teilung angibt, von dem aus alle gemessenen Winkel zu zählen sind. Liegt dieser Punkt von der Null aus nach der Seite der bezifferten Teilung zu, so ist die an die Kreisablesungen anzubringende Korrektion (der Indexfehler J) negativ. Liegt der Punkt aufserhalb der Teilung, d. h. dahinwärts, wo 359° zu stehen kommen würde, so ist der Indexfehler mit positiven Vorzeichen an die Kreisablesungen anzubringen. Man tut daher gut, bei Bestimmung des Indexfehlers nicht negative Winkel, sondern 359° usw. abzulesen und aufzuschreiben; dann kann ein Fehler im Vorzeichen des Indexfehlers nicht leicht vorkommen. Wendet man Sonnenbeobachtungen zur Bestimmung des Indexfehlers an, so liest man zunächst den Winkel für die Stellung der Alhidade ab, bei welcher sich das reflektiert und das direkt gesehene Sonnenbild berühren, und darauf für diejenige Stellung, bei welcher die Berührung an der entgegengesetzten Seite der Sonnenränder stattfindet. Das Mittel aus beiden Ablesungen gibt den Nullpunkt und die Differenz derselben den doppelten Sonnendurchmesser. Dieser mufs mit demjenigen stimmen, welchen die Sonnenephemeride dafür angibt. Aus diesem Grunde sind Sonnenbeobachtungen zur Bestimmung des Indexfehlers sehr zu empfehlen. Bei irdischen Objekten mufs der Indexfehler soweit irgend möglich mit Hilfe derselben Objekte bestimmt werden, an denen die Messungen ausgeführt werden. Durch Drehung des kleinen Spiegels läfst sich der Indexfehler wohl genau auf Null bringen, doch empfiehlt es sich, ihn nur möglichst klein zu halten, und ihn dann stets mit in Rechnung zu ziehen. Bei jeder gröfseren Beobachtungsreihe ist eine Bestimmung notwendig, da sein Betrag leicht veränderlich ist.

4. Die beiden Flächen des grofsen Spiegels sollen einander parallel sein. Sind die beiden Flächen des grofsen Spiegels nicht einander parallel, so ist, wenn der Fehler grofs ist, das Instrument unbrauchbar, ist der Fehler

nur klein, so kann man ihn bei der Messung dadurch eliminieren, dafs man den grofsen Spiegel in seiner Fassung umdreht. Durch dieses Verfahren läfst sich auch die Gröfse des Fehlers finden. In den neuen Instrumenten wird meist ein merklicher Fehler nicht vorhanden sein. Die prismatische Gestalt des kleinen Spiegels ist ohne Einflufs, weil sie nur einen konstanten Fehler hervorbringt, der auch im Indexfehler enthalten ist. Um die prismatische Gestalt der farbigen Gläser unschädlich zu machen, wende man dieselbe auch, soweit möglich, bei der Bestimmung des Indexfehlers an. Bei Vollkreisen können dieselben auch meist in ihrer Fassung gedreht werden. Die Messungen sind dann in jeder Lage je zur Hälfte zu machen.

5. Die Fehler, welche von der Exzentrizität herrühren oder davon, dafs die Drehung der Alhidade nicht genau um den Mittelpunkt der Kreisteilung des Limbus erfolgt, sollten bei jedem Sextanten, ehe er in Gebrauch genommen wird, sorgfältig geprüft werden. Ist a die Ablesung für einen Winkel zwischen zwei Objekten, so erfordert diese Ablesung eine Korrektion von der Form:

$$E = \varepsilon\,[\sin(a - p) + \sin p]$$

wo ε und p zwei Konstanten sind, die man dadurch bestimmt, dafs mindestens zwei bekannte, um 70—80 Grad verschiedene Winkel mit dem Sextanten gemessen werden. Sobald man ε und p kennt, kann man für diese Korrektion eine Tafel berechnen.

6. Bei Winkelmessungen nicht weit entfernter Gegenstände kommt noch die Parallaxe des Instrumentes in Betracht. Der Scheitelpunkt des gemessenen Winkels liegt nämlich nicht im Drehpunkte der Alhidade, sondern er liegt im Durchschnittspunkte zweier Richtungen, von denen die eine durch die optische Achse nach dem direkt visierten Gegenstande, die andere nach dem andern Objekte nahe durch die Mitte des grofsen Spiegels geht. Ist l das Lot vom grofsen Spiegel auf die optische Achse, d die Entfernung des direkt gesehenen Gegenstandes, so ist der gemessene Winkel um die Korrektion w zu vergröfsern, die sich aus $\sin w = \frac{l}{d}$ ergibt.

Vor Beginn einer Reise sollte jeder seinen Sextanten stets in bezug auf die erwähnten Fehler selbst untersuchen resp. von einem Kundigen untersuchen lassen[1]). Dies schliefst aber

[1]) Beim Ankaufe eines Instrumentes dieser Art ist darauf zu achten, dafs dasselbe ein Prüfungs-Zertifikat eines Institutes, wie z. B.

nicht aus, dafs der Beobachter von Zeit zu Zeit sein Instrument auf die erwähnten Fehler zu prüfen habe. Höchst wünschenswert ist es aber, dafs das Instrument nach der Reise wieder genau untersucht wird.

Das, was über den Sextanten gesagt ist, gilt auch von den Reflexionskreisen, die sich nur dadurch von den Sextanten unterscheiden, dafs statt des als Limbus dienenden Kreissektors ein ganzer Vollkreis angewandt ist. Bei den Prismenkreisen ist noch der kleine Spiegel durch ein Prisma mit totaler Reflexion ersetzt, wodurch die Bilder an Helligkeit und Klarheit gewinnen. Die Vollkreise haben vor dem Sextanten aufser gröfserer Stabilität hauptsächlich den Vorteil, dafs der

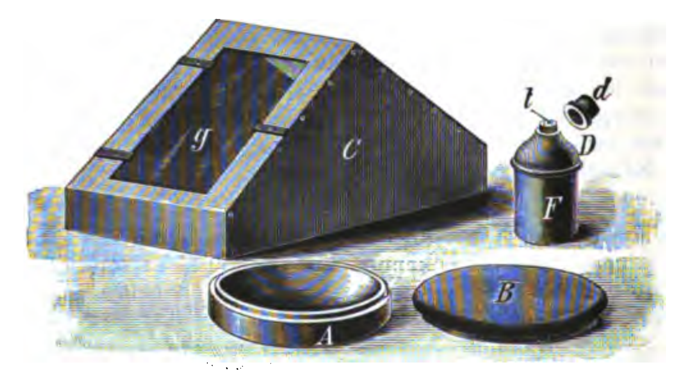


Fig. 2.

Exzentrizitätsfehler durch Ablesen zweier um 180° voneinander abstehender Nonien eliminiert, d. h. unschädlich gemacht wird.

7. Künstlicher Horizont. Um mit den Reflexionsinstrumenten die Höhe eines Gegenstandes über dem Horizonte zu messen, kann man auf See den wirklichen Horizont (die Kimm) benutzen; auf dem Lande dagegen bedarf es eines künstlichen Horizontes. Hierzu wendet man in der Regel eine mit Quecksilber gefüllte eiserne Schale (Fig. 2) an und beobachtet den Winkel zwischen dem Objekt und dessen von der horizontalen Oberfläche des Quecksilbers reflektiertem Bilde. Auf diese Weise erhält man die doppelte Höhe. Um die Oberfläche des Quecksilbers zu reinigen, wendet man

---

das der deutschen Seewarte in Hamburg, besitzt. Einem solchen Zertifikate sind, wenn nötig, auch Korrektionstabellen für Exzentrizität beigegeben, die auf vielfachen scharfen Messungen beruhen.

entweder eine Stahlplatte oder auch ein Papier an, mit welchem der Schmutz nach der Seite gestrichen wird. Das als Schale für das Quecksilber benutzte Gefäfs mufs möglichst flach sein, dann werden Erschütterungen und der Wind von geringerem Einflufs auf die Ruhe der Oberfläche sein. Beim Füllen des Horizontes giefst man das Quecksilber am besten durch eine Düte aus zusammengefaltetem Schreibpapier, die an der Spitze ein kleines Loch hat. Sollte das Quecksilber nicht mehr gut an den Rändern der eisernen Schale haften, so reibe man letztere mit etwas Salpetersäure aus. Bei der Aufstellung des Horizontes ist darauf zu achten, dafs er vor Erschütterungen möglichst bewahrt bleibt, weshalb man irgend einen Schutz an der Windseite aufzustellen hat. Als solchen wendet man auch häufig ein Glasdach an, welches aus zwei planparallelen Glas- oder besser Glimmerplatten besteht, die nahezu um einen rechten Winkel gegeneinander geneigt sind. Um den Fehler, der dadurch hervorgebracht wird, dafs die Glasplatten nicht planparallel, sondern prismatisch sind, zu eliminieren, mufs man einen Satz Beobachtungen bei einer Lage des Daches anstellen, darauf das Glasdach in die entgegengesetzte Lage bringen und einen zweiten Satz Beobachtungen machen. Das Mittel aus den Resultaten des ersten und zweiten Satzes ist dann frei von dem erwähnten Fehler. Statt des Quecksilbers kann man auch, wenn die Temperatur es erlaubt, als Notbehelf einen Horizont aus Syrup oder aus einem Gemisch von Öl und Rufs anwenden.

Weniger empfindlich gegen Erschütterungen als die angeführten Horizonte ist ein Glashorizont. Dieser besteht aus einer vollkommen eben geschliffenen Glasplatte, welche häufig in ihrer ganzen Masse oder auf der unteren Fläche geschwärzt ist. Es ist vorzuziehen, sie auf der unteren Fläche matt zu schleifen, so dafs die Reflexion nur an der oberen Fläche stattfindet, denn alsdann ist nicht notwendig, dafs beide Flächen parallel sind. Von der vollständigen Ebenheit der oberen reflektierenden Fläche überzeugt man sich dadurch, dafs das mit einem nicht zu schwachen Fernrohre reflektiert gesehene Bild ebenso präzise begrenzt sein mufs, als das direkt gesehene. Um diese Glasplatte genau horizontal zu stellen, legt man sie am besten auf eine mit drei Fufsschrauben versehene Metallplatte, auf welcher sie an drei Punkten aufliegt. Indem man eine Libelle auf die Glasplatte aufsetzt, kann man durch Drehung an den Fufsschrauben die horizontale Lage herstellen. Die genaue Horizontalstellung wäre aber äufserst zeitraubend und wenig von Dauer, man begnüge sich daher,

dieselbe nur genähert zu erreichen und die übrigbleibende Neigung unmittelbar vor und nach der Beobachtung mit dem Niveau scharf zu messen und in Rechnung zu ziehen. Sei H die gemessene Höhe, I die Neigung der Glasplatte in der Richtung nach dem beobachteten Gestirn hin und positiv genommen, wenn die dem Gestirn zugekehrte Seite die höhere ist, so ist die korrigierte wirkliche Höhe $= H + I$.

§ 10. **Universalinstrument. (Altazimut oder Höhen- und Azimutinstrument.)** (Fig. 3a, 3b und 3c.)

Diese Instrumente sind so eingerichtet, daſs sich das Fernrohr sowohl durch Drehung um eine Vertikal- als auch

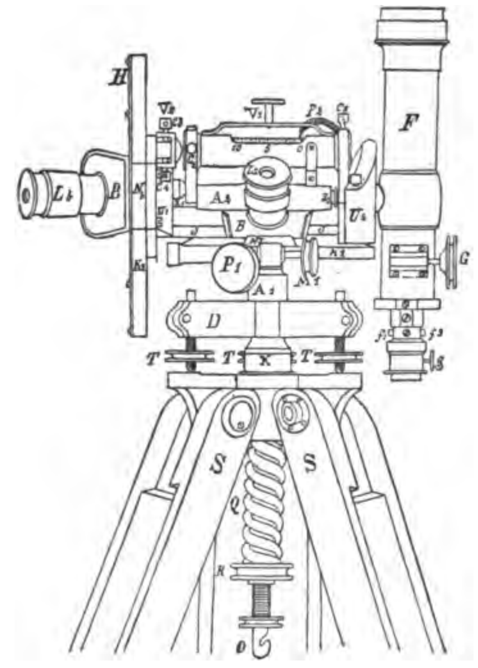


Fig. 3a.

um eine Horizontalachse bewegen läſst. Diese Drehungen können dann an je einem senkrecht zu diesen Achsen stehenden Kreise abgelesen werden. Die Ablesungen an dem Vertikal-

kreise liefern dann die Höhe resp. Zenitdistanz des Objektes und diejenigen am Horizontalkreise die Azimutdifferenzen. — Die Messungen solcher Winkel erfordern unter allen Umständen zwei oder mehrere Einstellungen des Fernrohres, während deren die Aufstellung des Instrumentes ungeändert bleiben muſs.

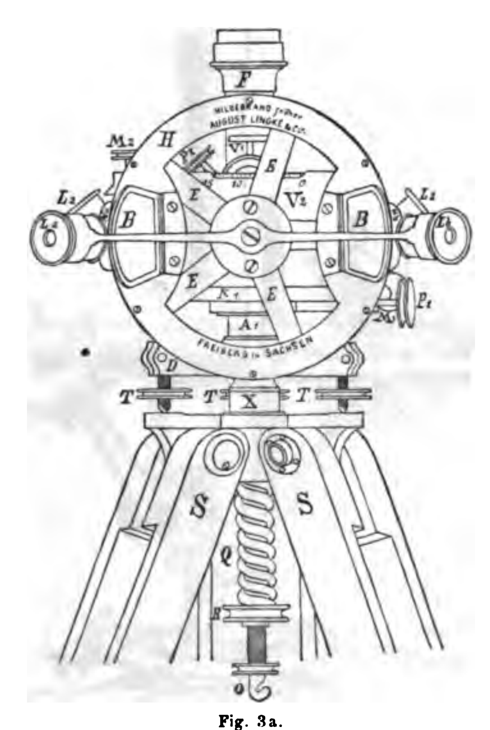


Fig. 3a.

Es ist also nötig, dasselbe auf einem festen Pfeiler oder guten Stativ aufzustellen.

Die Ablesungen an den Kreisen erfolgen entweder auch durch Nonien oder an gröſseren Instrumenten mittels sogenannter Ablesemikroskope. Diese gleichen in ihren optischen Teilen ganz den gewöhnlichen Mikroskopen, nur ist da, wo das Objektiv das Bild der Teilung erzeugt, ein Kasten in das Rohr eingeschaltet, in welchem sich der Meſsapparat befindet. Derselbe besteht aus zwei so eng beieinander stehenden parallelen Fäden, daſs zwischen ihnen eben noch von zwei schmalen Lichtlinien begrenzt ein Strich der Teilung erscheinen

kann. Dieses Fädenpaar kann durch eine Schraube, welche aufserhalb des Kastens eine geteilte Trommel trägt, tangential zur Teilung fortbewegt werden. An dieser Trommel, welcher ein Index gegenübersteht, kann der Drehungswinkel abgelesen und damit die Fortbewegung der Fäden bestimmt werden.

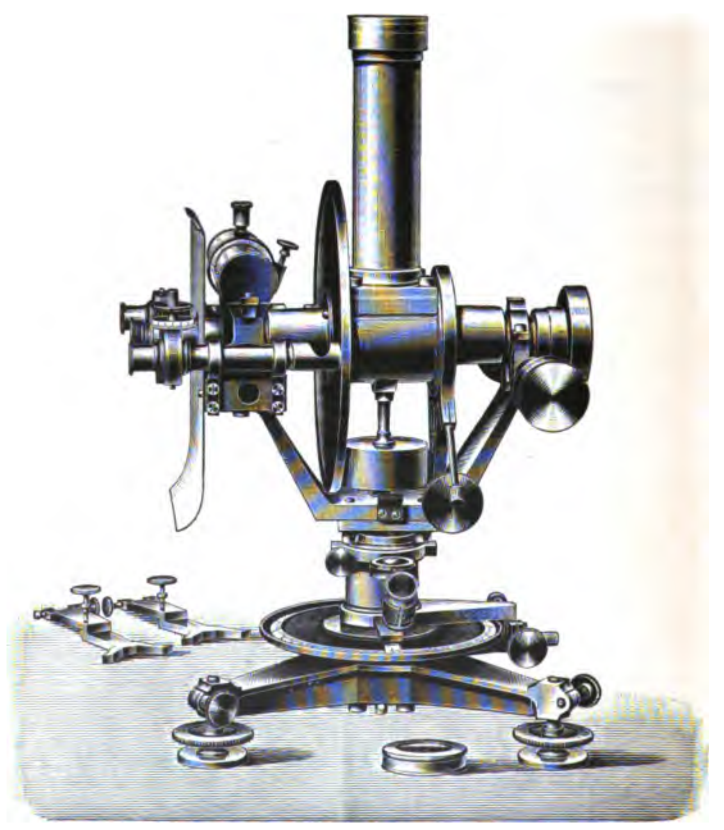


Fig. 3b.

Um die ganzen Umdrehungen der Schraube zu zählen, erblickt man, wenn man durch das Okular des Mikroskops sieht, am Rande des Gesichtsfeldes Auszahnungen oder Löcher, deren Abstand einer oder zwei ganzen Umdrehungen der Schraube entspricht. Nahe der Mitte des Gesichtsfeldes ist eine gröfsere Auszahnung oder ein anderes Merkmal, das dazu dient, den

Nullpunkt anzugeben, auf welchen man die Ablesungen der Schraube bezieht. Die Trommel ist nun so auf der Schraube zu befestigen, dafs ihre Ablesung Null gibt, wenn die beweglichen Fäden auf das als Nullpunkt dienende Merkmal gestellt werden. Bewegt man von dieser Stellung aus die Fäden auf den niedriger bezifferten Teilstrich des unter dem Mikroskop befindlichen Kreises, so erhält man durch Ablesung an der Trommel den Abstand dieses Teilstriches vom Nullpunkte des Mikroskopes in Teilen der Schraube. Um die Ablesung des Kreises in bezug auf den Nullpunkt zu erhalten, hat man den gemessenen Abstand in Bogen zu verwandeln oder ihn mit dem Wert eines Trommelteiles zu multiplizieren und das Produkt zur Angabe des nächst niedriger bezifferten Teilstriches zu addieren. Der Wert eines Trommelteiles wird dadurch erhalten, dafs man den Abstand zweier Teilstriche des Kreises mit dem Mikroskope mifst und diesen Abstand durch die abgelesenen Trommelteile dividiert. Um unabhängig von einer Veränderung oder einer fehlerhaften Bestimmung dieses Wertes zu werden, ist es dringend zu empfehlen, bei jeder Messung stets die beiden dem Nullpunkte benachbarten Teilstriche einzustellen und beide Ablesungen zu notieren. Die Einteilung der Trommel ist fast stets so eingerichtet, dafs sie direkt nahe Minuten und Sekunden angibt. Kleine Abweichungen von den auf der Trommel bezeichneten Werten lassen sich wohl durch geeignete Verstellung der Mikroskope korrigieren, doch ist es nicht ratsam, diese etwas mühsamen Korrektionen für kleine Abweichungen vorzunehmen. Sei z. B. der Kreis von 5 zu 5 Minuten, die Schraubentrommel in 60 Teile geteilt, und es seien zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilstrichen des Kreises nahe zwei ganze Trommelumdrehungen gemessen. Der dem Nullpunkte des Mikroskopes zunächst gelegene kleinere Teilstrich sei $60^{0}\,40'$ und die Ablesung für diesen Teilstrich an der Schraubentrommel, vom Nullpunkte aus gezählt, sei 1 Umdrehung 12 Teile $=$ 72 Teile, für den Teilstrich $60^{0}\,45'$ sei diese Ablesung 16 Teile. Man hat daher $72 + 60 - 16 = 116$ Teile der Schraubentrommel $= 5$ Minuten $= 300''$, oder auch 2 Umdrehungen plus Ablesung für den nächsten niedriger bezifferten Teilstrich minus Ablesung für den nächsten höher bezifferten Teilstrich, also $2 \times 60 + 12 - 16$ Trommelteile $= 300''$. Der Wert eines Trommelteiles ergibt sich hieraus $= \frac{300''}{116}$, folglich 72 Trommelteile $= \frac{300''}{116} \cdot 72 = 186'' = 3'\,6''$ und für die

Ablesung des Kreises hätte man also $60^\circ\ 40' + 3'\ 6'' = 60^\circ\ 43'\ 6''$[1]).

Es ist genau darauf zu achten, dafs stets der Teilstrich des Kreises und die Fäden des Mikroskops zu gleicher Zeit deutlich erscheinen. Ist dies nicht der Fall, so verschiebe man zuerst das Okular, bis die Fäden deutlich werden und bewege dann das ganze Mikroskop parallel seiner Achse, bis auch die Teilstriche möglichst deutlich erscheinen. Dies beurteilt man am besten dadurch, dafs sich das Bild eines Teilstriches durch seitliche Bewegung des Auges nicht verschieben, d. h. keine Parallaxe zeigen darf. Bei der Verschiebung des Mikroskops ändert sich die Gröfse des Bildes des Teilungsintervalles und damit der Wert eines Teiles der Schraubentrommel. Es erfordert ziemliche Mühe, Schraubenwert und Teilungsintervall in Einklang zu bringen.

Vor der Messung ist das Instrument mit Hilfe der Libelle horizontal zu stellen. Für den Gebrauch der Libelle ist erforderlich, dafs deren Füfse nahe gleich lang sind. Dies prüft man dadurch, dafs man die Libelle auf die horizontale Achse aufsetzt, nach dem diese nach einer der drei Fufsschrauben zu gerichtet worden ist, und sodann an der Fufsschraube des Instrumentes dreht, bis die Blase in der Mitte der Libellenröhre zur Ruhe kommt. Hierauf setze man die Libelle auf der Achse um bei unveränderter Stellung des Instrumentes, und wenn die Blase jetzt nicht in der Mitte der Röhre steht, so ist die Länge des einen Niveaufufses mit Hilfe einer für diesen Zweck angebrachten Schraube zu korrigieren, bis die Blase sich um die Hälfte der Abweichung von dem früheren Stande nach diesem hin bewegt hat, die andre Hälfte korrigiert man an der Fufsschraube des Instrumentes. Zeigt sich durch Umsetzen des Niveaus noch eine ungleiche Länge seiner Füfse, so wiederhole man die Korrektion. Ferner mufs die Röhre der Libelle der horizontalen Achse des Instrumentes, auf welcher sie steht, parallel sein. Dies ist der Fall, wenn die Blase des aufgesetzten Niveaus bei einer seitlichen Neigung desselben sich nicht bewegt. Durch Schrauben an der Libellenröhre kann ein etwaiger Fehler korrigiert werden.

Nachdem die Libelle, wenn erforderlich, auf diese Weise korrigiert ist, wird das Instrument mit aufgesetzter Libelle so gedreht, dafs die Libellenachse der Verbindungslinie der beiden andern Fufsschrauben nahe parallel ist, und diese beiden Schrauben werden in entgegengesetzter Richtung um gleiche

---

[1]) Hat man viele Messungen gemacht, so legt man sich am besten für die Korrektion der Trommelablesungen (Run) eine Tafel an.

Beträge so lange gedreht, bis die Blase der Libelle in der Mitte zum Stehen kommt. Jetzt drehe man das Instrument mit der aufgesetzten Libelle um nahe 90°, so dafs die Richtung der Libellenachse sich wieder nahe senkrecht über der dritten Fufsschraube des Instrumentes befindet, zeigt sich hier wieder eine Abweichung, so mufs die Blase durch Drehen dieser Fufsschraube wieder zum Einspielen gebracht werden. Hierauf gehe man wieder auf den vorigen Stand des Instrumentes zurück und wiederhole die beschriebene Korrektion, bis die Blase bei Drehung des Instrumentes um die Vertikalachse ihren Stand nicht mehr ändert. Um für eine gewisse Stellung des Instrumentes die etwa noch übrig gebliebene Neigung der Horizontalachse zu finden, werden beide Blasenenden des aufgesetzten Niveaus abgelesen und aus beiden Ablesungen das arithmetische Mittel genommen, wodurch die Ablesung für die Mitte der Blase erhalten wird. Um etwa noch vorhandene Ungleichheiten in den Längen der Niveaufüfse zu eliminieren, setze man das Niveau um und nehme wieder das Mittel aus den Ablesungen für beide Blasenenden. Ist das Niveau von der Mitte aus geteilt, so bestimme man das Zeichen so, dafs man die Ablesung nach dem Höhenkreise hin positiv nimmt; ist aber die Libelle ganz durchgeteilt, so nehme man die Ablesungen für diejenige Stellung des Niveaus als positiv an, bei welcher sich die gröfsere Zahl am Kreisende befindet.



Fig. 3c.

Nimmt man mit Rücksicht auf diese Zeichen das arithmetische Mittel aus den Mitteln beider Ablesungen, so erhält man die Neigung der Achse in Niveauteilen ausgedrückt, und zwar liegt das Kreisende höher, wenn das Mittel positiv ist.

Aufser dem Aufsatzniveau befindet sich am Höhenkreise fest mit den Nonienarmen oder den Mikroskopträgern verbunden ein zweites Niveau, das entweder gegen den Höhenkreis verstellbar oder auch fest mit den Mikroskopen und dem Unterbau verbunden ist. Bei Höhenmessungen ist die Blase desselben vor der Kreisablesung stets in die Mitte oder auf gleiche Teilstriche zu bringen, oder, was vorzuziehen, stets mit abzulesen und die Stellung derselben bei der Reduktion mit zu berücksichtigen, so dafs die Kreisablesungen stets auf dieselbe Stellung der Blase des Höhenniveaus bezogen werden.

Ist der Wert eines Niveauteiles nicht bekannt, so kann man ihn am Höhenkreise selbst bestimmen. Sehr gute Werte für den Parswert der Libellen bekommt man, wenn man dieselben mit dem Fernrohr in feste Verbindung bringt und mit diesem dann an einem entfernt aufgestellten Maſsstabe die Unterschiede abliest, welche bestimmten, in Niveauteilen ausgedrückten Neigungsdifferenzen entsprechen. Es ist dann, wenn f die Entfernung des Maſsstabes, d die Differenz der abgelesenen Teilstriche und n die der beiden Stellungen der Blasenmitte sind, der Teilwert $p'' = \frac{d}{f} \cdot \frac{1}{n} \cdot 206\,265''$; z. B. hat man für $d = 10$ cm, $f = 200$ m, $n = 10$: den Wert von $p = 10.3''$. Wünschenswert ist es, daſs diese Bestimmung für verschiedene Strecken der Libelle gemacht wird, um zu sehen, ob die Krümmung der letzteren allenthalben gleich ist. Sobald die Messungen mit einem Universalinstrument auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, ist eine sorgfältige Anwendung der Libelle erforderlich. Auf Reisen hat man daher auf eine gute Erhaltung derselben besonders zu achten und sich mit Reservelibellen zu versehen. Gegen strahlende Wärme, besonders aber gegen direkte Sonnenstrahlen sind die Libellen sowohl als auch das ganze Instrument sorgfältig zu schützen. (Wenn möglich, sind Libellen mit Kammern versehen zu wählen, da diese in zu groſser Hitze nicht so leicht springen können.)

An Stelle des Fernrohres wird in neuerer Zeit bei bestimmten Aufnahmen auch wohl eine photographische Kamera mit der Horizontalachse verbunden. Die Beobachtungen geschehen dann in der Weise, daſs diejenige Gegend des Himmels oder der Landschaft, welche den zu beobachtenden Punkt umgibt, auf der empfindlichen Platte aufgenommen wird. Die Auswertung der Resultate wird dann durch Ausmessen der Bilder auf der Platte nach deren Hervorrufung vorgenommen. Dabei muſs aber immer Bezug auf die Kreisstellung genommen werden und dieses kann nur durch Beziehungen zur Mitte oder zu einem anderweit festgestellten Punkte der Platte geschehen. (Darüber siehe weiter unten.)

§ 11. Art der Beobachtung mit einem Universalinstrument.

Sollen mit dem Universalinstrument Vertikalwinkel, also Höhen resp. Zenitdistanzen gemessen werden, so ist es von besonderer Bedeutung, diejenige Kreisablesung kennen zu lernen, welche man machen würde für den Fall, daſs die Absehlinie des Fernrohres genau nach dem Zenit gerichtet sein

würde, d. h. den Zenitpunkt des Kreises. Um diesen kennen zu lernen, stelle man erst das ganze Instrument horizontal und bringe die Blase der Höhenlibelle nahe in die Mitte. Hierauf richte man das Fernrohr auf einen weit entfernten Gegenstand, lese den Höhenkreis und die Höhenlibelle ab und reduziere erstere Ablesung auf die Mitte der Libelle. Diese reduzierte Ablesung sei A_1. Dreht man jetzt das ganze Instrument genau um 180^0, so ist das Fernrohr offenbar auf einen Punkt gerichtet, der mit dem beobachteten Gegenstande gleiche Höhe oder gleichen Zenitabstand hat. Bewegt man daher das Fernrohr durch das Zenit hindurch wieder auf den Gegenstand zurück, so mufs dessen Absehlinie nunmehr die doppelte Zenitdistanz durchlaufen. Ist die reduzierte Ablesung für diese Lage A_2, so erhält man die Zenitdistanz Z des anvisierten Punktes und den Zenitpunkt N aus

$$Z = \tfrac{1}{2}(A_2 - A_1) \text{ oder } \tfrac{1}{2}(A_2 + 360^0 - A_1)$$
$$N = \tfrac{1}{2}(A_1 + A_2).$$

Um hierauf die Zenitdistanz z, eines anderen Gegenstandes, der die Ablesung a ergibt, zu erhalten, hätte man nur zu bilden

$$z = \pm (a - N).$$

Doch wird man nur selten dieses Verfahren anwenden, sondern stets das beobachtete Objekt in beiden Lagen des Instrumentes anvisieren, und so dessen Zenitdistanz unabhängig von dem Werte N erhalten. Die Bestimmung von N ist aber wegen der Kontrolle des Instrumentes häufig an einem terrestrischen Objekt zu wiederholen. Ist das beobachtete Objekt ein Gestirn, d. h. hat es eine Bewegung, so wird man auch durch geeignete Anordnung der Messungen, d. h. durch symmetrische Verteilung derselben auf beide Lagen des Instrumentes die erhaltenen Zenitdistanzen unabhängig vom Zenitpunkte machen. Eine Kenntnis desselben ist dann nur genähert erforderlich zur Berechnung der Refraktion und zur Auswertung jeder einzelnen Beobachtung für sich, welches Verfahren allen Mittelbildungen vor der Berechnung der Einzelresultate unbedingt vorzuziehen ist. Nur dadurch lassen sich Ablesefehler u. dergl. auffinden.

Die Messung von Horizontalwinkeln erfolgt dadurch, dafs man das Fernrohr zunächst auf das eine Objekt einstellt, z. B. bei Vertikalkreis rechts, sodann auf das zweite Objekt und in beiden Stellungen den Horizontalkreis abliest. Sodann macht man in umgekehrter Reihenfolge wieder die beiden Visuren bei Kreis links. Das Mittel aus beiden Kreislagen wird dann die Kreisablesung für die Richtung „Beobachtungs-

punkt—Objekt“ geben, selbst wenn das Fernrohr exzentrisch an der Achse befestigt ist, oder wenn ein erheblicher Kollimationsfehler vorhanden sein sollte[1]). In gleicher Weise können die Horizontalwinkel oder Azimutunterschiede zwischen mehreren terrestrischen Objekten oder auch zwischen solchen und Gestirnen gemessen werden. Soll das Universalinstrument die Winkel fehlerfrei liefern, so müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein, nämlich:

1. Es mufs die vertikale Achse auf der horizontalen senkrecht stehen.
2. Die Kreise müssen auf ihren Achsen senkrecht stehen.
3. Die Absehlinie des Fernrohres mufs mit der Horizontalachse einen rechten Winkel einschliefsen.
4. Nonien und Ablesemikroskope müssen richtig justiert sein, und die Neigung ihrer Nullpunkte gegen den Horizont mufs stets dieselbe bleiben oder eventuelle Abweichungen müssen sich scharf ermitteln resp. durch das Beobachtungsverfahren eliminieren lassen.
5. Die Teilungen müssen richtig sein oder bei sehr genauen Messungen müssen die Teilungsfehler bekannt sein.

Eine zweckmäfsige Korrektur von 1—4 läfst sich nur unter der Anleitung eines erfahrenen Beobachters erlernen.

Das Universal ist dasjenige Instrument, welches der allgemeinsten Verwendung fähig ist, zu manchen Zwecken hat man aber auch Instrumente, welche nur für Beobachtungen in gewissen Azimuten, speziell für den Meridian oder den I. Vertikal bestimmt sind, sodafs man an den in ihrem Fernrohr ausgespannten Fäden die Durchgänge der Gestirne durch diese Ebene beobachten kann; das sind die sogenannten Durchgangsinstrumente (Fig. 4). Bei ihrem Bau wird vor allem darauf geachtet, dafs sie sehr stabil aufgestellt werden können, und dafs die Umdrehungsachse des Fernrohres (Horizontalachse) sehr gut gelagert ist, ihre Zapfen einander genau gleich sind und ihre Neigung gegen den Horizont mittels besonders empfindlicher Libellen genau bestimmt werden kann. Mit solchen Instrumenten lassen sich Zeitbestimmungen, Längenbestimmungen aus Mondkulminationen und Breitenbestimmungen mittels Beobachtungen im I. Vertikal besonders sicher anstellen. Man

[1]) Kollimationsfehler nennt man die Abweichung, welche besteht zwischen einem rechten Winkel und demjenigen Winkel, den die Absehlinie des Fernrohres mit der Horizontalachse einschliefst. Die Elimination des Kollimationsfehlers ist nur dann vorhanden, wenn die Zenitdistanz der anvisierten Objekte sehr nahe dieselbe ist.

baut solche Instrumente jetzt so einfach und leicht transportabel, dafs auch Reisende sich ihrer eventuell bedienen können. Die Kreise dienen an diesen Instrumenten nur zur Auffindung der Gestirne.

Eine andere spezielle Art von Instrumenten sind nur für Höhenbeobachtungen eingerichtet, und zwar so, dafs man nicht absolute Höhen der Gestirne, sondern nur die Momente, zu

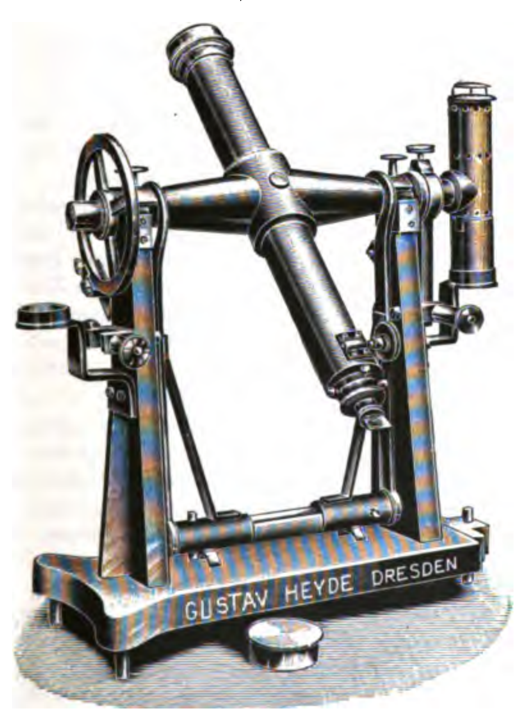


Fig. 4.

welchen gewisse Gestirne die gleiche Höhe erreichen oder die Höhendifferenzen zwischen einzelnen nacheinander anvisierten Gestirnen damit beobachten will. Zu diesem Zwecke sind am Fernrohre, welches sich sowohl um eine vertikale als horizontale Achse drehen läfst, eine (oder zwei) sehr empfindliche Libellen so angebracht, dafs sie sich in sehr feste aber sonst beliebige Verbindung mit dem Fernrohre bringen lassen. Auf diese Weise ist es möglich, der Absehlinie des Fernrohres in verschiedenen Azimuten genau die gleiche Neigung gegen den Horizont zu

geben (oder eventuell kleine Abweichungen davon mittels der Libelle ermitteln und in Rechnung bringen zu können). Dadurch lassen sich die Momente der Durchgänge gewisser Sterne durch denselben Almukantar genau beobachten; woraus mit Vorteil Zeit und Breite gefunden werden können, oder auch bei Beobachtungen des Mondes und diesem nahestehender Sterne recht zuverlässige Längenbestimmungen gemacht werden können (Methode der relativen Mondhöhen). Ist das Fernrohr noch mit einem Mikrometer versehen, durch welches ein Faden um scharf mefsbare Beträge im Gesichtsfeld im Sinne der Höhe fortbewegt werden kann, so kann mit einem solchen Instrument die Differenz der Zenitdistanzen zweier südlich und nördlich des Zenites in nahe gleicher Höhe kulminierender Gestirne beobachtet werden (Horrebow-Talkott-Methode). Diese Beobachtungen liefern unabhängig von jeder Kreisablesung und fast unabhängig von Uhrangaben eine äufserst scharfe Breitenbestimmung. Die letzteren Instrumente nennt man Zenitteleskope, da man meist in nicht zu grofsen Zenitdistanzen mit ihnen zu beobachten pflegt, um auch Anomalien der Refraktion unschädlich zu machen. Ihre Anwendung erfordert aber erhebliche Übung, so dafs an dieser Stelle nicht weiter auf ihren Gebrauch eingegangen werden kann.

Mit dem Universalinstrument erhält man unmittelbar den auf den Horizont reduzierten Winkel, nicht so mit dem Sextanten. Hat man mit diesem einen schiefen Winkel A zwischen zwei Objekten gemessen, deren Zenitdistanzen resp. z_1 und z_2 sind, so erhält man den auf den Horizont reduzierten Winkel A_0 nach der Formel

$$\cos A_0 = \frac{\cos A - \cos z_1 \cos z_2}{\sin z_1 \sin z_2}$$

oder nach

$$\sin^2 \tfrac{1}{2} A_0 = \frac{\sin \frac{1}{2} [A - (z_1 + z_2)] \sin \frac{1}{2} [A - (z_1 - z_2)]}{\sin z_1 \sin z_2}$$

§ 12. Etwas über das Aufschreiben der Beobachtungen.

Es ist für die übersichtliche Erhaltung und namentlich für die spätere Berechnung astronomischer Beobachtungen durchaus nötig, dafs dieselben zweckmäfsig aufgeschrieben werden. Häufig ist es bequem, solche Beobachtungen auf einzelne schematisch eingeteilte Blätter zu schreiben, für die Erhaltung der Beobachtungen und für die spätere Rechnung ist das aber sehr unvorteilhaft und daher soweit möglich zu

vermeiden. Am besten wählt der Reisende vorgedruckte Bücher, welche für alle Daten zweckmäfsige Vordrucke enthalten, wie sie z. B. vom Geodätischen Institut in Potsdam oder vom Kolonialamt schon seit vielen Jahren den Beobachtern mitgegeben werden, und deren Einrichtung sich sehr gut bewährt hat[1]). Unbedingt nötig ist die Angabe des Datums einer jeden Beobachtung, fehlt diese, so ist die Beobachtung meist wertlos. Das Datum soll sicher als astronomisches oder bürgerliches gekennzeichnet sein, sehr zu wünschen ist die Angabe des Wochentages. Im Osten Asiens zieht sich bekanntlich als mehrfach geschweifte Linie die Datumgrenze von Nord nach Süd, wird diese Linie von Ost nach West überschritten, so ist ein Tag zu überschlagen, in umgekehrter Richtung ein Tag doppelt zu zählen.

Die Zeitangaben sind so zu notieren, wie sie die benutzte Uhr angibt, sind Uhrschläge gezählt, so ist deren Anzahl hinter die Sekunden zu schreiben, aber nicht gleich abzuziehen, da sonst leicht Zähl- und Rechenfehler vorkommen können, die sich später nicht mehr auffinden lassen. Es ist genau zu bemerken, welche Uhr (Mittl. Zt. oder St. Zt.) benutzt wurde, und wie das Verhältnis der Schläge zur Sekunde ist.

Das beobachtete Objekt ist sicher und unzweideutig zu bezeichnen. Ist der Beobachter über den eingestellten Stern nicht ganz klar, so ist eine kleine Skizze der Umgebung des Sternes beizufügen, am besten nach der Vertikalen orientiert. Schwächere Sterne sind zu vermeiden. Es ist besser eine sichere als mehrere zweifelhafte Beobachtungen zu machen. — Werden Sonne oder Mond beobachtet, so ist der anvisierte Rand mit Sicherheit zu bezeichnen event. anzugeben, ob vor dem Okular ein Prisma benutzt ist oder nicht.

Bei der Aufzeichnung der Kreisablesungen sind die zunächst geschätzten Grade und Minuten für sich aufzuschreiben und die Angaben der beiden Nonien oder Mikroskope daneben jede für sich anzugeben, es dürfen nicht etwa gleich Mittel und dergleichen aufgeschrieben werden, weil dadurch alle Kontrolle verloren geht. Die Ablesungen der Libellen, namentlich des Höhenniveaus, sind sorgfältig und mindestens bei jeder Kreisablesung einmal aufzuschreiben.

Die Angaben der Lufttemperatur und des Barometerstandes dürfen bei genaueren Beobachtungen nicht fehlen, da sonst die Refraktion nicht mit genügender Schärfe berechnet werden kann.

---

[1]) Solche Bücher können eventuell durch Vermittlung einer dieser Behörden beschafft werden.

Wie oben Seite 27 bemerkt, sollen die Beobachtungen mit Universalinstrumenten immer in symmetrischer Weise, d. h. zum Teil bei „Kreis rechts", zum Teil bei „Kreis links" ausgeführt werden; deshalb ist es von grofser Wichtigkeit, dafs der Beobachter auch immer genau notiert, in welcher Kreislage die Beobachtung gemacht wurde. In jedem Buch oder bei jedem Wechsel des Instrumentes sind die Angaben über die Konstanten des letzteren zu notieren; so namentlich Pafswert der Libellen, Angabe der Nonien oder Mikroskope, eine sichere Angabe darüber, in welchem Sinne die Korrektion der Kreisablesung wegen Libellenablesung anzubringen ist. Weiterhin sind immer Angaben über äufsere Umstände während der Beobachtung erwünscht, so über Güte und Ruhe der Bilder im Fernrohr, Wind und Wetter, Störungen durch die Umgebung usw. Mit Hilfe solcher Angaben läfst sich häufig erst die Zuverlässigkeit einzelner Beobachtungsresultate richtig beurteilen.

§ 13. **Instandhaltung und Verpackung der Instrumente.**

Die Vorsichtsmafsregeln, die bei der Behandlung der Uhren und der andern astronomischen Instrumente angewendet werden müssen, sind gröfstenteils schon früher (§ 4 u. f.) erwähnt, so dafs hier nur noch folgendes anzuführen bleibt. — Die Uhren und Chronometer führe man auf Reisen so weit möglich stets bei sich und überlasse sie nicht fremden, ungeschickten Händen. Boxchronometer verpacke man in einem gut gepolsterten Kasten ohne kardanische Aufhängung, die nur auf See zu empfehlen ist, und achte darauf, dafs das Zifferblatt nach oben gerichtet und stets nahe horizontal ist. Beim Transport stelle man die Unruhe mittels zweier unter dieselbe geschobenen Korkstückchen fest (man schiebt dieselben am besten unter die schweren Gewichte, aber nur mit leichtem Druck), und handelt es sich um weiteren Transport, so ist es gut, das Chronometer erst nahezu ganz ablaufen zu lassen, damit auf den Rädern und besonders auf dem Steigrad wohl noch ein gewisser, aber nur geringer Druck steht, der eben das Schlottern verhindert. Zweckmäfsig schlingt man auch noch einen dünnen Faden um eine Säule im Werk und zieht diesen durch das Sekundenrad, ohne irgend fest anzuziehen,

Taschenuhren führt man im Gange befindlich mit sich. Man kann, falls es mehrere sind, die man nicht alle bei sich tragen kann oder will, dieselben gemeinschaftlich in ein Gehäuse verpacken, welches eventuell seinerseits in kardanischer Aufhängung in einem sicheren Kasten ruht. Dadurch bewirkt

man, dafs die Uhren auch während des Transportes stets die gleiche Lage beibehalten.

Chronometer verwende man nur dann zur Zeitübertragung, wenn der Transport ohne Stöfse und Erschütterungen ausgeführt werden kann. Darauf zu achten, dafs kein Staub und keine Feuchtigkeit hineindringen kann, ist selbstverständlich.

Die übrigen astronomischen Instrumente werden zunächst in Kästen so verpackt, dafs alle Teile vollständig fest liegen, wobei jedoch für keinen Teil irgendwelche Zwängung oder Spannung entstehen darf. Die ganze Verpackung mufs möglichst einfach und in kurzer Zeit auszuführen sein. Gröfsere Kasten sind mit Handhaben zu versehen, um sie auf kurze Strecken möglichst bequem zu transportieren. Bei längerem Transport ist dieser erste Kasten in eine zweite gröfsere Kiste einzuschliefsen, und zwar so, dafs an den Seiten ein Zwischenraum bleibt, der mit einem elastischen Polster aus Heu, Stroh oder Holzwolle oder dergl. ausgefüllt wird. Findet ein längerer Transport zur See statt, wo die feuchte, salzige Luft die Oxydation der Metallteile sehr begünstigt, so ist es empfehlenswert, die zweite Kiste innen mit Zinkblech zu belegen und dieses luftdicht zu verlöten. Alle Metallteile, mit Ausnahme der Achsen und Schrauben, sollen lackiert sein; die nicht lackierten Teile sind während des Transportes und überhaupt während der Zeit, in der das Instrument nicht benutzt wird, mit einer Schicht von Öl oder Fett, am besten mit Rindertalg oder mit Vaseline zu bedecken, um den Luftzutritt abzuhalten. Selbst wenn ein Instrument fortwährend benutzt wird, sind diese Teile dennoch von Zeit zu Zeit einzuschmieren und darauf mit einem reinen Lappen wieder zu reinigen, es bleibt eine hinreichend dicke Fettschicht zurück, um die Oxydation zu verhindern.

III. Die Bestimmung der Zeit und der geographischen Breite.

§ 14. Beziehungen zwischen den geographischen Koordinaten eines Punktes auf der Erde und den Positionen der Gestirne. Das Polardreieck.

Durch die tägliche Bewegung der Erde um ihre Achse werden die Gestirne, welche über dem Horizont eines Ortes erscheinen, nach und nach ihre Höhe über demselben und ihr Azimut ändern, und diese Änderungen werden in direkter Weise mit der Zeit resp. mit dem Stundenwinkel des betreffenden

Gestirnes in Zusammenhang gebracht nach den Regeln der sphärischen Astronomie. Danach wird es immer möglich sein bei Kenntnis einer Reihe (3) dieser Werte, wie sie entweder durch die Messung sich ergeben oder aus den Jahrbüchern entnommen werden können, die andern dazu in Beziehung gebrachten zu finden. Diese Beziehungen werden fast stets mit Hilfe eines sphärischen Dreieckes aufzufinden sein, welches man sich gebildet denkt durch drei gröfste Kreise, die resp. durch den Pol des Himmels und das Zenit, durch Zenit und Gestirn und durch Pol und Stern und dabei immer durch den Beobachtungsort resp. durch den Erdmittelpunkt hindurchgehen. Der erste dieser Kreise ist der Meridian des Beobachtungsortes. Dieses Dreieck nennt man das Polardreieck. In

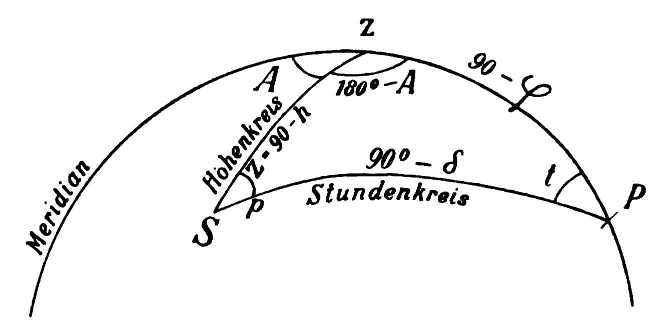


Fig. 5.

Figur 5 ist dasselbe dargestellt, und die gebräuchlichen Bezeichnungen sind darin oder daneben angeschrieben:

Z Zenit.
P Pol (auf der nördl. Halbkugel ist der Nordpol, auf der südl. der Südpol über dem Horizont).
S Gestirn.
A Azimut (Winkel zwischen Höhenkreis und Meridian).
t Stundenwinkel (Winkel zw. Stundenkreis u. Meridian).
p sogen. Parallaktischer Winkel.
ZS = Zenitdistanz (z) oder ($90 - h$).
$PS = 90 - d$ (Poldistanz).
ZP = Komplement der geograph. Breite $= 90 - \varphi$.

Die Position des Gestirnes ist gegeben durch seine Rektaszension α und seine Deklination δ. Die Sternzeit (ϑ) für einen bestimmten Moment ist gleich der Rektaszension (α) eines Sternes, der in dem gegebenen Moment durch den Meridian geht, oder

gleich dessen Rektaszension weniger dem Stundenwinkel desselben, wenn der Stern um letzteren von dem Meridian nach Westen hin abstand; es besteht also stets die Beziehung:

$$t = \vartheta - \alpha \text{ oder } \vartheta = \alpha + t;$$

dabei werden die Stundenwinkel vom Meridian nach Westen positiv und nach Osten negativ oder auch vom Meridian nach Westen herum bis $360^\circ = 24$ Stunden zu zählen sein.

Die Regeln der sphärischen Trigonometrie lehren aus den Stücken des Polardreiecks die folgenden drei Gleichungen aufstellen, mittels deren schliefslich alle Aufgaben der geographischen Ortsbestimmung gelöst werden können.

Es ist:

$$\left.\begin{array}{ll} \sin h = \cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t\,^{1)} & \text{(a)} \\ \cos\delta \cos t = \cos\varphi \cos z + \sin\varphi \sin z \cos A & \text{(b)} \\ \left.\begin{array}{l} \cos\delta \sin t = \sin z \sin A \\ \cos\varphi \sin A = \cos\delta \sin p \\ \cos\varphi \sin t = \sin z \sin p \end{array}\right\} \text{(c)} & \end{array}\right\} 1$$

Wie die Gleichung 1c können auch die beiden ersten in gleicher Weise variiert werden. Es läfst sich nun immer so einrichten, dafs man mit Hilfe dreier bekannter Stücke aus Gleichung 1a entweder φ oder t oder mit Hilfe zweier solcher Gleichungen φ und t finden kann, wie in den folgenden Paragraphen gezeigt wird. Bei allen Beobachtungen hat man aber vorzugsweise darauf zu achten, dafs deren etwaige Fehler möglichst geringen Einflufs auf das Resultat haben und dafs, wenn man mehrere Gröfsen aus Beobachtungen ermitteln will, diese so anzuordnen sind, dafs die gesuchten Gröfsen mit möglichster Sicherheit daraus hervorgehen. Nimmt man an, dafs die Gröfsen h, φ und t der Gleichung (1a) mit kleinen Fehlern dh, $d\varphi$ und dt behaftet sind, so lehrt die Differentialrechnung, dafs zwischen denselben die Relation

$$dh + \cos A d\varphi + \cos\varphi \sin A dt = 0$$

stattfindet. Es folgt hieraus sofort, dafs man zur Bestimmung von φ oder der Breite des Ortes Gestirne in der Nähe der Azimute 0° und 180°, und zur Bestimmung des Stundenwinkels oder der sich hieraus ergebenden Zeit Gestirne in der Nähe von 90° oder 270° Azimut beobachten soll. Denn im ersteren Falle wirkt ein Zeitfehler wenig auf den Wert von φ, im zweiten Falle ein Breitenfehler wenig auf die Be-

---

[1]) Läfst man in Gleichung 1a t gleich Null werden, d. h. befindet sich das beobachtete Gestirn im Meridian, so geht diese Gleichung über in $\cos z = \cos(\varphi - \delta)$ oder $z_0 = \varphi - \delta$, wo z_0 die Zenitdistanz des Gestirnes bei seiner Kulmination bezeichnet. Aus der Figur läfst sich diese Beziehung auch sofort ablesen.

stimmung der Zeit ein. Ferner ersieht man hieraus, dafs Zeit sowohl als Breite in den günstigsten Fällen mindestens um den vollen Betrag des Höhenfehlers fehlerhaft werden. Sterne, die durch das Zenit gehen, eignen sich in der Nähe des Meridians weder zur Zeit- noch zur Breitenbestimmung. Wegen der Unsicherheit der Refraktion soll man nicht zu nahe am Horizonte beobachten. Um sowohl von dieser Unsicherheit als auch von andern Fehlern frei zu werden, ist es sehr ratsam, sowohl für φ als für t zwei um nahe 180° Azimut voneinander entfernte Gestirne zu beobachten. Bei dem Universalinstrument wird man noch von der fehlerhaften Bestimmung des Nullpunktes unabhängig, wenn in beiden Kreislagen gemessen wird.

§ 15. Korrektionen der gemessenen Höhen (Zenitdistanzen) wegen Refraktion, Parallaxe, Kimmtiefe, Halbmesser usw.

Die in obigen Formeln angeführten Gröfsen beziehen sich alle auf den wahren Horizont, also auf den Erdmittelpunkt, und sind von der Wirkung der Strahlenbrechung in der Erdatmosphäre frei zu denken. Es ist daher nötig, die Werte, welche die Beobachtungen direkt liefern, wegen dieser Wirkungen zu korrigieren. Diese Korrekturen sind die folgenden:

1. Refraktion d. h. Ablenkung des Lichtstrahles, der vom Gestirn zum Beobachter kommt, von der geraden Linie durch den Einflufs der Atmosphäre. Die Refraktion vergröfsert die Höhe oder verkleinert die Zenitdistanz; ihr Betrag mufs also an eine gemessene Höhe subtraktiv, an eine gemessene Zenitdistanz additiv angebracht werden. Die Gröfse der Korrektion hängt nicht allein von der Zenitdistanz, sondern auch von Temperatur und Luftdruck ab (von ersterer stärker); deshalb müssen diese mit aufgezeichnet werden. Die Berechnung der Refraktionskorrektion geschieht am besten und einfachsten mittels Tafeln, wie sie die Jahrbücher[1]) und vor allem die Tafelsammlung von Th. Albrecht ausführlich enthalten. Genähert ist ihr Betrag
   $$R = 57'',7 \operatorname{tg} z' = 57,7 \operatorname{cotg} h' \quad \Big\} \text{ wenn } z' \text{ die gemessene Zenitdistanz oder } h' \text{ die gemessene Höhe ist;}$$
   dabei darf aber z′ nicht gröfser als etwa 70° werden.

[1]) Naut. Jahrbuch, Tafel 7 a, b und c. Albrecht, Hilfstafeln 34 a—h. Ambronn, Refraktionstafeln (Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten, 1893, Heft 4).

2. Die Parallaxe ist die Reduktion einer gemessenen Zenitdistanz oder Höhe auf den Erdmittelpunkt (also auf den wahren Horizont). Ihr Betrag ist also der Winkel, unter welchem vom Gestirn aus gesehen der Radiusvektor des Beobachtungsortes erscheint. Für die Sterne und für die entfernten Planeten ist ihr Betrag Null oder doch sehr klein. Für erste Rechnungen läfst sich diese Reduktion auch am bequemsten aus Tafeln entnehmen (Naut. Jahrbuch, Tafel 10—16). Bei genauen Rechnungen mufs man namentlich für Mondbeobachtungen die Parallaxe scharf nach den sphärischen Formeln berechnen.
3. Hat das Gestirn eine Scheibe, wie das bei der Sonne und dem Mond der Fall ist, so kann man nur die Ränder anvisieren, und es müssen die gemessenen Winkel dann noch durch Anbringung der jeweils gültigen Radien auf die Zentren der Scheiben reduziert werden. Bei den Planeten, welche auch noch eine merkbare Scheibe zeigen, tut man unter Umständen (wenn das Fernrohr nur wenig vergröfsert) besser, gleich auf die Mitte einzustellen. Sehr wünschenswert ist es, wenn die Messungen immer auf beide Ränder, soweit das möglich ist, im selben Messungssatze (Sonne) oder durch zweckmäfsige Anordnung verschiedener Beobachtungsreihen (Mond: erstes und letztes Viertel, Ost- und Westvertikal) gleichmäfsig verteilt werden können. Dadurch werden irrige Annahmen über die Radien eliminiert. (Vergl. dazu auch die Tafeln 11 und 12 des Naut. Jahrbuches.)
4. Sind die Beobachtungen zur See angestellt und dabei die Höhen auf den scheinbaren Horizont (die Kimm) bezogen, so sind dieselben auch noch wegen der sogenannten Kimmtiefe zu korrigieren. Dafür gibt es auch Tafeln (Naut. Jahrbuch Tafel 6). Man kann auch durch geeignete Vorrichtungen die jeweilige Kimmtiefe, deren Betrag von der Temperaturverteilung über der Oberfläche des Wassers stark abhängt, direkt messen (vergl. die Vorschläge von Kohlschütter und von Dr. Pulfrich) oder dieselben mittels Messungen über der vorliegenden und rückwärtigen Kimm eliminieren.

§ 16. **Bestimmung der Zeit aus Höhenmessungen.**

Die Bestimmung der Zeit oder richtiger Uhrkorrektion besteht darin, dafs man auf Grund cölestischer Messungen feststellt, um welchen Betrag die benutzte Uhr gegen richtige

Zeit (mag das nun Sternzeit oder mittlere Zeit sein) falsch geht. Den Fehler nennt man den Stand der Uhr ($\varDelta u$). Ist U die Zeitangabe der Uhr für die Zeit T, so ist $U + \varDelta u = T$, und weiterhin ist, wenn t der Stundenwinkel eines Gestirnes ist, die jeweilige Zeit

$$T = \alpha + t = U + \varDelta u,$$

also

$$\varDelta u = \alpha + t - U.$$

Ist man also in der Lage, für die Uhrangabe U den Stundenwinkel (t) eines Gestirnes, dessen Rektaszension gleich α ist, zu bestimmen, so kann man den Stand der Uhr ($\varDelta u$) finden.

Aus den in § 14 angegebenen Gleichungen findet man:

$$(2)\quad \cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} = \frac{\cos z}{\cos \varphi \cos \delta} - tg\, \varphi\, tg\, \delta.$$

Hat man also die Zenitdistanz (z) eines Gestirnes gemessen, so kann man daraus t finden. Die obige Formel ist nur bequem, wenn man mit Additionslogarithmen rechnet; im andern, gewöhnlicheren Fall gibt man derselben eine andere Form, nämlich:

$$(3)\quad tg \tfrac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\sin (s - \varphi) \sin (s - \delta)}{\cos s \cos (s - z)}}; \text{ wobei } s = \tfrac{1}{2} (\varphi + \delta + z) \text{ ist.}$$

Diese Formeln gelten zunächst nur für Sterne. Hat man die Sonne beobachtet, etwa nach einer Sternzeituhr, so können auch diese Formeln angewendet werden, wenn man für den Moment der Beobachtung α und δ der Sonne aus dem Jahrbuch interpoliert (wozu allerdings eine genäherte Kenntnis der geographischen Länge nötig ist). Wurde, wie es zweckmäfsig ist, eine mittlere Zeituhr benutzt, so rechnet man besser mit der Zeitgleichung, indem man bedenkt, dafs der Stundenwinkel der Sonne, welchen man aus der Rechnung erhält, nichts andres ist als die „wahre Zeit“ zur Zeit der Beobachtung. Bringt man daran die Zeitgleichung an, so erhält man die „mittlere Zeit“ zur Zeit der Beobachtung, und die Differenz zwischen dieser und der Uhrangabe (U) ist dann ebenfalls das $\varDelta u$, aber gegen mittlere Zeit. — Hat man δ für eine andere Zeit den Ephemeriden entnommen, so dafs der wahre Wert um $d\delta$ gröfser ist, so ist an t eine Korrektion anzubringen, wie sie die Differentialformel auf Seite 35 angibt.

Es ist sehr ratsam, wenigstens zwei verschiedene Sterne zu beobachten, und zwar solche, die sich nahe in gleicher Höhe und in symmetrischer Lage zum Meridian befinden, weil das Mittel aus den Resultaten von verschiedenen Fehlern befreit ist.

Beispiele zur Zeitbestimmung aus Höhenbeobachtungen.

1903 Mai 22 (astronom.) Freitag.

Es wurde auf der Breite von 51° 31′ 48″ die Zenitdistanz der Sonne beobachtet, um daraus die Korrektion Δu der Uhr zu finden. Der Gang der Rechnung ist dann folgender nach (2):

	Kr. links		Kr. rechts	
	⊙̲	⊙̄	⊙̄	⊙̲
Zenitdistanzen . . .	67° 51′ 54″	68° 58′ 19″	69° 31′ 37″	69° 19′ 34″
Radius $r_\odot$	15 49	15 49	15 49	15 49
Zenitdistanz d. ⊙Zentr.	68 7 43	68 42 30	69 15 48	69 35 23
Dekl. d. Sonne $\delta_\odot$	20 14 29	20 14 33	20 14 34	20 14 36
Geogr. Breite φ . .	51 31 48	51 31 48	51 31 48	51 31 48
$2s$	139 54 0	140 28 51	141 2 10	141 21 47
s	69 57 0	70 14 25	70 31 5	70 40 54
$s-\varphi$	18 25 12	18 42 37	18 59 7	19 9 5[1]
$s-\delta$	49 42 39	49 59 52	50 16 31	50 26 17[1]
$s-z$	1 19 17	1 31 55	1 15 7	1 5 30[1]
lg. sin $(s-\varphi)$ . . .	9.49964	9.50621	9.51231	9.51596
lg. sin $(s-\delta)$ . . .	9.88241	9.88424	9.88611	9.88704
lg. sec. s	0.46491	0.47099	0.47689	0.48041
lg. sec. $(s-z)$ . . .	0.00022	0.00015	0.00010	0.00008
lg. $tg^2 \frac{1}{2} t$	9.84718	9.86159	9.87541	9.88349
lg. tg $\frac{1}{2} t$	9.92359	9.93079	9.93770	9.94174
$\frac{1}{2} t^0$	39° 59′ 7″	40° 27′ 14″	40° 54′ 16″	41° 10′ 7″
t^0	79 58 14	80 54 28	81 48 32	82 20 14
t^h	$5^h 19^m 53^s$	$5^h 23^m 38^s$	$5^h 27^m 14^s$	$5^h 29^m 21^s$[2]
Zeitgleichung . . .	— 3 36	— 3 36	— 3 36	— 3 36
Mittl. Zeit d. Beob.	5 16 17	5 20 2	5 23 38	5 25 45
Uhrzeiten der Beob.	5 18 17	5 22 4	5 25 36	5 27 43
Δu	— 2 0	— 2 2	— 1 58	— 1 58[3]

Δu Kr. links $-2^m\ 1^s$
Δu Kr. rechts $-1\ \ 58$ } Mittel $\Delta u = -1^m 59.5^s$[4]

[1]) Die Summe dieser Zahlen mufs wieder gleich s sein. [2]) Das sind also die „wahren Zeiten“. [3]) Stand der Uhr gegen mittlere Zeit. [4]) Um so viel geht die Uhr vor.

Am 8. Mai 1902 (astronom.) (Donnerstag) wurde zu Ba-Nsso in Kamerun auf 6° 12.7′ Nordbreite der Stern Prokyon $\alpha = 7^h 34^m 9^s$ und $\delta = +5° 28' 29''$ zur Zeitbestimmung beobachtet; es wurden mit einem kleinen Universalinstrument Zenitdistanzen gemessen. Luftdruck 623 m/m; Lufttemperatur + 17°. Die Rechnung stellt sich wie folgt:

Kreislage	Uhrzeit	Kreisabl.	Gemessene Zenitdistanz	Wegen Refr. korr. Zenitd.	lg. cos z
r	$11^h 6^m 30^s$	301° 42′ 37″	58° 4′ 23″	58° 5′ 36″	9.72307
r	7 45	24 38	58 22 22	58 23 35	71940
l	9 39	58 37 45	58 50 45	58 51 58	71352
l	10 58	56 45	59 9 45	59 10 58	70952
	Zenitpunkt	359 47 0	Rfr. + 1 13	lg. cpl. Nenner	0.00454

lg. $\frac{\cos z}{\cos\varphi \cos\delta}$	Addit. Logarith.		lg. cos t	t^h
9.72761	1.70903	1.70046	9.71904	$3^h 53^m 42^s$
·72394	70536	69671	71529	3 54 54
71806	69948	69071	70929	3 56 48
71406	69548	68663	70521	3 58 5
8.01858		8.01858		$\alpha =$ 7 34 9

lg. d. zweiten Teiles d. Formel (3)

				Sternzeit d. Beob.	Δu	
cos φ	9.99744	tg. φ	9.03700	$11^h 27^m 51^s$	$+ 21^m 21^s$	$21^m 19.5^s$ r
cos δ	9.99802	tg. δ	8.98158	29 3	21 18	
Summe	9.99546	Summe	8.01858	30 57	21 18	21 17.0 l
				32 14	21 16	

Mittel $\Delta u = 21^m 18.3^s$

Wie man sieht, ist bei der eben angeführten Methode der Zeitbestimmung die Kenntnis der geographischen Breite erforderlich, und zwar um so genauer, je weiter vom I. Vertikal die Beobachtung der Höhe stattgefunden hat. Beobachtet man auf beiden Seiten des Meridians je einen Stern bei gröſserem Stundenwinkel, wie es stets rätlich ist, so wird aus dem Mittel der Resultate ein Fehler in φ sowohl als auch in andern Daten je besser eliminiert, je mehr beide Höhen gleich waren.

Deshalb wird eine Kenntnis der Breite ganz unnötig sein, wenn man vor und nach dem Durchgang eines Gestirnes durch den Meridian die Zeiten gleicher Höhen beobachtet. Es entspricht dann, wie auch geometrisch sofort einzusehen, das Mittel aus den beiden Beobachtungszeiten derjenigen für des Gestirnes Durchgang durch den Meridian; es ist also unmittelbar

$$\alpha - \tfrac{1}{2}(U_1 + U_2) = \Delta u.$$

Hat man dagegen gleiche Höhen der Sonne, was sogar meistens der Fall sein wird, beobachtet, so werden diese nicht zu gleichen Stundenwinkeln derselben, d. h. nicht zu $24^h - t^h$ resp. t^h

wahrer Zeit gehören, sondern es mufs wegen der Änderung der Deklination der Sonne dann an das Mittel aus beiden Beobachtungszeiten, welches also nicht 24^h resp. 0^h wahrer Zeit ist, eine Korrektion angebracht werden. Diese nennt man die Mittagsverbesserung[1]); bezeichnet man sie mit dt, so ist:

$$dt = \left(\frac{\tang \varphi}{\sin t} - \frac{\tang \delta}{\tang t}\right) d\delta,$$

wo dt in wahrer Zeit ausgedrückt ist. Beachtet man nun, dafs der Stundenwinkel der Sonne gleich der wahren Zeit ist, so erhält man, wenn U_1 und U_2 die Beobachtungszeiten, in mittlerer Zeit ausgedrückt, U_0 die Uhrzeit des wahren Mittags und t den mit dem δ der ersten Beobachtungszeit berechneten Stundenwinkel bezeichnen:

$$U_1 = U_0 - t$$
$$U_2 = U_0 + t + dt$$

und daraus $U_0 = \frac{1}{2}\ (U_1 + U_2) - \frac{1}{2}\,dt.$

Die Gröfse $\frac{1}{2}\,(U_1 + U_2)$ wird der unverbesserte Mittag, $-\frac{1}{2}\,dt$ die Mittagsverbesserung genannt. Es genügt dt in mittlerer Zeit anzunehmen und mit dem δ zu berechnen, das für den Mittag gilt. Im „N. J.“ ist die stündliche Veränderung von δ angegeben, die man also mit der Zeit zwischen beiden Beobachtungen, in Stunden ausgedrückt, zu multiplizieren hat, um $d\delta$ zu erhalten, wobei aber das Zeichen der stündlichen Veränderung wohl zu berücksichtigen ist. Da $d\delta$ in Bogensekunden erhalten wird, $\frac{1}{2}d\delta$ aber in Zeitsekunden auszudrücken ist, so wird man $d\delta$ durch 30 dividieren, um gleich $\frac{1}{2}d\delta$ in Zeitsekunden zu erhalten. Ist U die Zeit des wahren Mittags entweder in mittlerer Zeit oder in Sternzeit ausgedrückt, je nach der Zeit, in welcher U_0 gegeben ist, so folgt stets als Uhrkorrektion

$$\Delta u = U - U_0.$$

Geht z. B. die Uhr nach mittlerer Zeit, so wird, wenn die Zeitgleichung für den mittleren Mittag gegeben ist, die wahre Zeit des mittleren Mittags:

$$U = 24^h - \text{Zeitgl. und daraus } \Delta u = U - U_0.$$

Es ist sehr ratsam, stets eine Reihe von Sonnenhöhen hintereinander in der Weise zu nehmen, dafs man die Alhidade

---

[1]) Hat man die Höhen symmetrisch zur Mitternacht gemessen, also in der Reihenfolge Nachmittag—Vormittag, so ist die sogen. Mitternachtsverbesserung anzubringen, die sich nur durch ein Vorzeichen von der Mittagsverbesserung unterscheidet. (Für beide sind die Tafeln in: Albrecht, Hilfstafeln gegeben.)

um eine runde Anzahl Minuten verstellt und darauf die Zeit beobachtet, zu welcher derselbe Sonnenrand diese Höhe erreicht. Beobachtet man mit einem Sextanten am Vormittag den Moment der beginnenden Überdeckung der beiden Sonnenbilder, so entspricht am Nachmittag dieser Beobachtung der Moment der beginnenden Trennung und umgekehrt. Zur Erlangung gleichartiger Beobachtungen ist es daher geraten, die Beobachtungen beide Male in gleicher Anzahl auf beide Ränder zu verteilen.

Beispiel: 17./18. April 1886 (18. April bürgerlicher Zeit) wurden in Berlin (Polhöhe $\varphi = 52^0\ 30.3'$) mit einem Sextanten und einem Chronometer, welcher nach mittlerer Zeit ging, folgende Beobachtungen angestellt:

Sonnenrand	Höhe	Vormittag U_1	Nachmittag U_2	$\frac{1}{2}(U_1 + U_2)$
Oberer	35° 20′	$22^h\ 1^m\ 50.3^s$	$4^h\ 1^m\ 3.5^s$	$1^h\ 1^m\ 26.9^s$
„	35 40	22 4 26.4	3 58 27.6	27.0
Unterer	35 30	22 7 18.8	3 55 34.8	26.8
„	35 50	22 9 57.2	3 52 56.0	26.6
			Mittel	$1^h\ 1^m\ 26.8^s$

Die Zeit zwischen den Beobachtungen am Vormittage und Nachmittage ist anfangs $5^h\ 59^m\ 13^s$, am Ende $5^h\ 42^m\ 59^s$, also im Mittel $5^h\ 51^m\ 6^s = 5.852$ Stunden. Nach dem „N. J.“ ist die stündliche Bewegung der Sonne in Deklination $= + 52.2''$, so dafs $d\delta = 52.2'' \times 5.852 = 305.5''$ und daher $\frac{1}{2}\, d\delta$ in Zeitsekunden $= 305.5'' : 30 = 10.18^s$.

Aus dem „N. J.“ entnimmt man noch: Zeitgleichung $= - 0^m\ 43.2^s$, $\delta = + 10^0\ 53'\ 49''$.

Die Zwischenzeit $5^h\ 51^m\ 6^s$ entspricht dem Mittel des doppelten Stundenwinkels der Sonne, es ist daher noch $t = 2^h\ 55^m\ 33^s = 43^0\ 53'$.

Aus den angegebenen Werten erhält man:

$$\frac{tg\,\varphi}{\sin t} \cdot \frac{1}{2}\, d\delta = 19{,}14^s\ ^{1)}$$

$$\frac{tg\,\varphi}{tg\,t} \cdot \frac{1}{2}\, d\delta = 2{,}04$$

[1]) Für die Berechnung des Wertes von dt enthalten die Albrechtschen Hilfstafeln sehr bequeme Tafeln, indem dort dem Ausdruck für dt die bekannte Form

$$-(A\ tg\,\varphi - B\ tg\,\delta)\,\mu$$

gegeben wird, wobei allerdings μ die Änderung der Sonnendeklination in 48 Stunden bedeutet. A und B sind mit der halben Zwischenzeit $\frac{1}{2}(U_2 - U_1)$ tabuliert.

Mittagsverbesserung $-\frac{1}{2}\,dt =$		$-$	17,1
$\frac{1}{2}(U_1 + U_2) =$	1^h	1^m	26,8
Uhrzeit im wahren Mittag	1	1	9,7
Zeitgleichung		-0	43,2
Uhrzeit im mittl. Mittag	1	0	26,5
Also Uhrstand $\Delta U = -$	1^h	0^m	$26,5^s$.

Dieser Uhrstand bezieht sich eigentlich auf den wahren Mittag, weil die Beobachtungen in bezug auf diesen symmetrisch sind. Bei erheblichem Uhrgang ist dies zu berücksichtigen.

§ 17. Bestimmung der Zeit aus Beobachtungen der Durchgänge von Gestirnen durch die Meridianebene.

Obgleich auf Reisen die Zeitbestimmung aus Höhenbeobachtungen mittels Sextant oder Universalinstrument meist völlig genügen wird und ihre Ausführung sich, ohne an einen bestimmten Moment gebunden zu sein, bewirken läfst, so ist es doch klar, dafs, falls man in der Lage sein würde, den Moment des Durchganges eines Gestirnes durch den Meridian genau zu beobachten, die Bestimmung von Δu sich sehr vereinfachen liefse. Ein Mittel dazu gibt nun sowohl das Universalinstrument, wenn man die Horizontalachse genau von Ost nach West stellen kann, oder auch ein kleines Durchgangsinstrument. Namentlich die letzteren werden gegenwärtig so einfach, billig und doch stabil gebaut, dafs sich bei gröfserer Ausrüstung und für längeren Aufenthalt an einem Orte die Mitnahme eines solchen empfiehlt.

Könnte man das Instrument so aufstellen, dafs die Horizontalachse des Fernrohres sich genau in der Richtung Ost-West befände, so würde die Beobachtung eines Sternes an einem in der Absehlinie des Fernrohres befindlichen Faden sofort die Sternzeit der Beobachtung (= AR. oder Gerade Aufsteigung) ergeben, wenn diese Absehlinie [1]) senkrecht zur Umdrehungsachse steht. Da aber die Aufstellung des Instrumentes nie fehlerfrei sein wird, so sei i die Neigung der Umdrehungsachse des Instrumentes, positiv genommen, wenn das westliche Ende höher ist; k das Azimut eines südlichen Punktes, welcher in der zur Umdrehungsachse senkrechten Ebene liegt, und zwar positiv genommen, wenn er sich östlich vom Südpunkte befindet;

[1]) Als Absehlinie ist diejenige Linie zu betrachten, welche den Mittelfaden im Gesichtsfelde mit der Mitte des Objektivs verbindet.

Beispiel für die Bestimmung der Uhrkorrektion und zugleich einer Längenbestimmung[1]) mittels der Beobachtung von Mond und Mondsternen bei ihrer Kulmination. Kleines Durchgangsinstrument.

1903 Februar 11. Bafeni. Westafrika. $\varphi = +9^\circ\, 7'\, 33''$.

Die Rechnung stellt sich wie folgt:

	Kreis Ost α Cancri	χ Cancri	☾ I. Rd.	o Leonis	ϱ Leonis	Kreis Ost β Urs. maj.	Kr. West β Urs. maj.
Neigung d. horiz. Achse	$i = -0.33^s$	-0.03^s	-0.04^s	-0.35^s	$+0.03^s$	-0.01^s	$+0.29^s$
Deklination	$\delta = +12^\circ 14'$	$+11^\circ 4'$	$+10^\circ 21'$	$+10^\circ 20'$	$+9^\circ 48'$	$+56^\circ 54'$	
Uhrzeit d. Durchganges durch d. Mittelfaden	$8^h 54^m 30.26^s$	$9^h 3^m 48.70^s$	$9^h 30^m 21.08^s$	$9^h 37^m 17.67^s$	$10^h 29^m 1.10^s$	$10^h 57^m 19.37^s$	$57^m 18.33^s$
Korr. weg. Inst.-Fehler Ii	-0.34	-0.03	-0.02	-0.36	-0.03	-0.01	$+0.36$
Korr. weg. Inst.-Fehler Cc	-0.18	-0.14	-0.18 (Summe 0.21[2])	-0.18	-0.18	10 57 19.36	57 18.69
Korr. weg. Inst.-Fehler Kk	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00		
Durchgangszeit d. den Meridian ($U_{\zeta k}$) . .	$8^h 54^m 29.73^s$	$9^h 3^m 48.48^s$	$9^h 30^m 20.87^s$	$9^h 37^m 17.13^s$	$10^h 29^m 0.95^s$	Mittel 10 57 19.03	
$f = T☾ - T✱$	$+35^m 51.14^s$	+ 26 32.39	☾r 1 10.03	− 6 56.26	− 58 40.08	α 10 56 1.76	
α✱	8 53 13.01	9 2 31.74		9 36 0.52	10 27 44.23	Differenz — 1.1695	
Δu	− 1 16.72	− 1 16.74		− 1 16.61	− 1 16.72		

Mittel $\Delta u = -1^m\, 16.70^s$

α ☾ I. Rd. $9^h\ 29^m\ 4.15^s$
4.13
4.26
4.15
9 29 4.17
☾ r + 1 10.03
α ☾ Centr. 9 30 14.20

α ☾ Centr. Bafeni $9^h\ 30^m\ 14.20^s$
α ☾ „ Con. d. Tp. 9 30 6.06 (Paris)
Differenz . . . . . 8.14^s
Änderung v. α in 1^m d. Länge 2.5225
$\lambda = 3.22^m = 3^m\ 13.2^s$
gegen Paris

Berechnung des Kollimationsfehlers aus β Urs. maj.
Durchgangszeit Ost 10 57 19.36
„ West 57 18.69
Differenz 0.67
2 sec δ 3.66

$$c = \pm \frac{0.67}{3.66} = \pm 0.18^s \begin{cases} \text{West} \\ \text{Ost} \end{cases}$$

---

[1]) Vergl. dazu Seite 68.

[2]) Sind die Instrumentenfehler grofs, so mufs die Summe derselben beim Mond noch mit einem Faktor multipliziert werden, der von der Bewegung desselben in einer Zeitsekunde herrührt. Dieser Faktor schwankt zwischen 1.015 u. 1.035. — Bei seiner genauen Berechnung sind die Lehrbücher d. sph. Astronomie zu vergleichen.

Anm. zu Seite 44. Das Azimut k findet man dadurch, daſs man die Werte U_{ic}, d. h. die für den Kollimationsfehler und die Neigung korrigierten Durchgangszeiten sowohl für die Zeitsterne als auch für den Polstern (U'_{ic}) bildet, aus ersteren das Mittel nimmt und dann die Gleichung ausrechnet:

$$k = \frac{(\alpha' - U'_{ic}) - (\alpha - U_{ic})}{K' - K},$$

wo die mit Indices versehenen Werte für den Polstern und die andern für die Mittel aus den α u. U_{ic} der Zeitsterne zu nehmen sind. Ebenso ist K' der Azimutkoeffizient $\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta}$ für den Polstern und K der für das Mittel der Zeitsterne.

Man hat im vorliegenden Falle $k = +0.23^s$.

---

endlich sei c der Kollimationsfehler oder die Abweichung des Winkels zwischen Absehlinie und Umdrehungsachse von 90 Grad. Ist c positiv, d. h. tritt der Stern zu früh an den Mittelfaden, so ist in der oberen Kulmination an die beobachtete Durchgangszeit folgende Korrektion (R) anzubringen:

$$R = +i\frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos \delta} + k\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta} + c \sec \delta \text{ für Kreis: West.}$$

In der andern Lage des Instrumentes ist c dann negativ zu nehmen. Für untere Kulmination hat man für erstere Lage die Korrektion

$$R = +i\,\frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos \delta} + k\,\frac{\sin(\varphi + \delta)}{\cos \delta} - c \sec \delta.$$

Sei U die so korrigierte Uhrzeit, so ist die Uhrkorrektion gegen Sternzeit $\Delta u = \alpha - U$. Die Neigung i wird durch das Niveau ermittelt; um k, c und Δu zu erhalten, sind mindestens drei Beobachtungen erforderlich, wozu man am besten einen Äquatorial- und zwei Polsterne, letztere bei gleichen Kulminationen in verschiedenen Lagen des Instrumentes, und bei oberer und unterer Kulmination in gleicher Lage des Instrumentes beobachtet.

Sind mehrere Vertikalfäden im Gesichtsfeld eingezogen, wie das namentlich bei Durchgangsinstrumenten der Fall ist, und braucht ein Stern im Äquator F^s Zeitsekunden, um von einem Faden zum andern zu kommen, so gebraucht ein andrer Stern, dessen Deklination δ ist, dazu die Zeit f^s, die sich aus $\sin(15\, f^s) = \sin(15\, F^s) \sec \delta$ ergibt. Für kein sehr groſses δ genügt $f^s = F^s \sec \delta$. In der Regel bezieht man alle Durchgänge auf den Mittelfaden und rechnet sich Tabellen, welche für die verschiedenen Deklinationen, etwa von Grad zu Grad bis $\delta = 50$ Grad fortschreitend, die Zeiten enthalten, welche ein Stern gebraucht, um vom Seitenfaden zum Mittel-

faden zu gelangen. Für die Polsterne mufs man die Fädendistanzen viel enger tabulieren oder von Fall zu Fall rechnen, aber dann nach der strengen Formel oder mit Hilfe der bei Albrecht gegebenen Hilfstafel 16. In den Tafeln 17—22 sind auch für mittlere Breiten die Werte der Koeffizienten

$$\frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos \delta} = J; \quad \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta} = K \text{ und } \sec \delta = C \text{ gegeben.}$$

Es ist aber, wie schon bemerkt, ratsam, diese Art der Beobachtung nur bei festen Stationen anzuwenden, weil sich hier nur eine hinreichend feste Aufstellung des Instrumentes erreichen läfst. In nicht zu hohen nördlichen Breiten dürfte es sich aber empfehlen, das Universalinstrument so aufzustellen, dafs die optische Achse bei einer Drehung des Fernrohres nahe den Vertikalkreis des Polarsternes beschreibt. Man beobachtet alsdann zuerst den Polarstern und richtet dann das Fernrohr bei festgeklemmtem Horizontalkreis auf einen Stern, welcher dem Äquator nahe ist. Indem man diese Beobachtung nach Umlegung des Fernrohres wiederholt, wobei man vor Anfang der zweiten Beobachtung den Horizontalkreis ein wenig dreht und mit einer neuen Einstellung des Polarsternes auch die eines zweiten Zeitsternes verbindet. Aus einem solchen Satz kann man die Zeit mit grofser Schärfe bestimmen. Die Reduktion dieser Beobachtungen ist aber zu umständlich, um hier auf dieselbe näher eingehen zu können [1]). Der Vorzug dabei ist der, dafs man mit einem genäherten Uhrstande das Azimut des Polarsternes für den Moment der Beobachtung rechnet; mit diesem Azimut, welches natürlich auch für den Südstern gilt, rechnet man dessen Stundenwinkel zur Zeit seines Antrittes an den Mittelfaden, und damit erhält man auf die bekannte Weise die Sternzeit der Beobachtung. Da der Polarstern sein Azimut nur langsam ändert, wird meist eine einmalige Näherung für Δu schon ausreichen.

§ 18. Bestimmung des Ganges einer Uhr aus den Verschwindungszeiten.

Ist man längere Zeit an demselben Orte, so kann man den Gang der Uhr auch dadurch bestimmen, dafs man das Verschwinden eines Sternes hinter einem senkrechten, nicht zu niedrigen terrestrischen Gegenstand beobachtet. Damit das Auge an den verschiedenen Abenden stets dieselbe Position einnimmt,

[1]) Besondere Anleitungen für die Berechnung solcher Beobachtungen hat der russische Astronom Döllen und später Prof. Harzer in Kiel herausgegeben.

befestigt man ein Diopter, oder weit besser, ein Fernrohr an der Stelle, von welcher aus man beobachtet.

Liegen zwischen den beiden Beobachtungen mehrere Tage, so mufs man, soll das Resultat genau werden, auch der Ortsveränderung des Gestirnes Rechnung tragen, wie sie durch Präzession und Nutation hervorgebracht werden. Man hat dann, wenn α_1 und α_2, resp. δ_1 und δ_2 die Rektaszensionen und Deklinationen für beide Beobachtungen sind, die n Tage auseinander liegen:

$$\delta u = \frac{1}{n}\left\{U_1 - U_2 + (\alpha_2 - \alpha_1) - \frac{\delta_2 - \delta_1}{15} \cdot \frac{\sin M \cdot tg\, t}{\cos \delta \cos (\delta + M)}\right\}, \text{ wo}$$

$$\operatorname{tg} M = \operatorname{cotg} \varphi \cdot \cos t \quad \text{und } t = 15\,(U + \Delta u - \alpha) \text{ ist.}$$

Ging die Uhr nach mittlerer Zeit, so ist dem Ausdruck für δu noch die Gröfse $-3^m\,55.90^s$ hinzuzufügen, d. h. die Differenz zwischen einem Sterntag und einem mittleren Tag. Die Berechnung von M braucht nur genähert ausgeführt zu werden.

§ 19. Breitenbestimmung aus Höhenmessungen.

Bei allen Beobachtungen, aus denen man die geographische Breite ermitteln will, ist darauf Rücksicht zu nehmen, dafs die Orte der beobachteten Gestirne zur Zeit der Beobachtung mit Rücksicht auf die Zeit sich nur wenig ändern, so dafs ein Fehler in der Uhrangabe resp. dem Uhrstande keinen gröfseren Fehler in der Zenitdistanz veranlassen kann. Diese Forderung wird von allen Sternen besonders in der Nähe des Meridians, d. h. bei ihrer Kulmination erfüllt, dabei darf aber die Zenitdistanz selbst nicht zu klein werden (nicht kleiner als 30 Grad). Für Sterne, welche dem Pol nahe sind, wird ein Fehler in der Zeitangabe wegen ihrer langsamen Bewegung immer nur einen geringen Einflufs auf die Höhenmessung haben; dieselben können daher zum Zwecke der Breitenbestimmung in jedem Stundenwinkel mit Vorteil beobachtet werden. (Im allgemeinen wird nur der Polarstern oder noch δ Urs. min. auf der nördlichen Halbkugel für die hier behandelten Zwecke in Betracht kommen).

Hat man die Zenitdistanz z genau im Meridian gemessen, so ist für

Obere Kulmination $z = \pm(\varphi - \delta)$ also $\varphi = \delta \pm z$

Untere „ $z = 180 + (\varphi + \delta)$ „ $\varphi = \pm(180 - z) - \delta$,

wobei südliche Breiten und südliche Deklinationen negativ zu nehmen sind. Bei der unteren Kulmination gilt das obere

Zeichen für nördliche Breiten und Deklination, das untere für südliche. In der oberen Kulmination wird man in bezug auf das Zeichen nicht zweifelhaft sein können, da man stets eine genäherte Kenntnis der Breite haben wird.

§ 20. Breitenbestimmung aus Zirkummeridianhöhen.

Hat man jedoch, was meist der Fall sein wird, schon wegen der Vervielfältigung der Beobachtungen, die Zenitdistanzen z nur in der Nähe des Meridians, in den Stundenwinkeln t gemessen, so werden dieselben alle gröfser sein als z_0, und zwar um Beträge, die von t abhängen; dieselben seien $\varDelta z$; dann hat man

$$z_0 = z - \varDelta z = \pm (\varphi - \delta) \text{ oder } \varphi = \delta \pm (z - \varDelta z).$$

Die Gröfse $\varDelta z$ findet man am besten durch Näherung mittels der Gleichung

$$\sin \tfrac{1}{2} \varDelta z = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin (z - \frac{1}{2} \varDelta z)} \cdot \sin^2 \tfrac{1}{2} t$$

oder auch solange $\varDelta z$ klein bleibt, und das mufs es, wenn die Methode der Zirkummeridianhöhen vorteilhaft bleiben soll,

$$\tfrac{1}{2} \varDelta z = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{2 \sin (z - \frac{1}{2} \varDelta z)} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{t}{2}}{\sin 1''}.$$

$\varDelta z$ wird dann in Bogensekunden erhalten, und zwar bis auf etwa 0.1″ genau, wenn $\frac{1}{2} \varDelta z$ kleiner als 50 Bogenminuten bleibt, und auf 1″ genau, wenn $\frac{1}{2} \varDelta z$ noch kleiner als 100′ ist. Im allgemeinen soll, für z_0 zwischen 30° und 70°, t nicht gröfser als etwa 30^m genommen werden, denn sonst genügt der oben gegebene Näherungsausdruck nicht mehr, und man müfste weitere Glieder der Reihe hinzunehmen. — Für den Nenner $2 \sin (z - \frac{1}{2} \varDelta z)$ kann man auch setzen $2 \sin \frac{1}{2} (z_0 + z)$, und wenn z_0 und z nicht viel voneinander verschieden sind, kann man dafür auch setzen $\sin z_0 = \sin (\varphi - \delta)$, wo φ nur sehr genähert bekannt zu sein braucht. Dann lautet der Ausdruck

$$\varphi = \delta + \left(z - \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin (\varphi - \delta)} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{t}{2}}{\sin 1}\right)^{1)}.$$

Für den Faktor $\frac{2 \sin^2 \frac{t}{2}}{\sin 1''}$, welcher häufig mit m bezeichnet wird, gibt es sehr bequeme Tafeln, welche ihn mit dem Argumente t

---

[1]) Soll noch genauer gerechnet werden, so würde dieser Formel für φ noch das Glied $\operatorname{cotg} (\varphi - \delta) \cdot \left(\frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin (\varphi - \delta)}\right)^2 \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin 1''}$ hinzuzufügen sein, welches aber für $z > 40°$ und $t < 30^m$ unter 2″ bleibt.

Breitenbestimmung aus Beobachtungen der Sonne.

25. Juli 1900. Zirkummeridianhöhen der Sonne zu Gauas, Südwestafrika.

Es war an diesem Tage $\Delta u = -2^h\, 9^m\, 57^s$; $\delta_\odot = +19°\, 53'\, 33''$
$r_\odot =$ 15′ 47″ (φ genähert) $= -19°\, 40'$
Luftdruck = 680 mm Lufttemp. = + 23° $\pi_\odot =$ 8.7″
Zeitgl. $-6^m\, 17^s$

Die Rechnung stellt sich, wie folgt:

	Uhrzeit	Wahre Zeit	t	$z\underline{\odot}$	z ⊙Centr.	A. $\frac{2 \sin^2 \frac{t}{2}}{\sin 1''}$	z_0	
$\overline{\odot}$	$14^h\, 12^m\, 10^s$	$10^h\, 55^m\, 56^s$	$-4^m\, 10^s$	39° 26′ 45″	39° 42′ 32″	48″	39° 41′ 44″	
$\overline{\odot}$	13 51	57 37	−2 29	26 15	42 2	17	45	$\overline{\odot}$ Mittel 39° 41′ 44″
$\overline{\odot}$	15 4	58 50	−1 16	26 0	41 47	4	43	
$\underline{\odot}$	16 22	0 0 8	−0 2	57 24	41 37	0	37	
$\underline{\odot}$	17 24	1 10	+1 4	57 34	41 47	3	44	$\underline{\odot}$ Mittel 39 41 42
$\underline{\odot}$	18 45	2 31	+2 25	57 49	42 2	16	46	
Δu + Zeitgl.	$2^h\, 6^m\, 14^s$	$\sigma = 6''$						

tang φ	−0.3574
tang δ	0.3584
tang φ − tang δ .	−0.7158
log (tg. φ − tg. δ)	9.8548 n
log $\Delta\delta$	1.5073
log Koeff. . . .	9.4059
log σ	0.7680

$\sigma = +6^s$

cos φ	9.97390
cos δ	9.97329
cosec ($\varphi - \delta$) .	0.19710

$\log \frac{\cos\varphi \cos\delta}{\sin(\varphi - \delta)}$ 0.14429 = log A.

1.40 = A.

Mittel	39° 41′ 43″
Refr. + Parall.	40
$\varphi - \delta_\odot$ . . .	39 42 23
$\delta_\odot$	19 53 33
φ . . . . =	19 48 50

Eine nochmalige Rechnung mit dem genaueren Werte von φ ergibt dasselbe Resultat, wäre also unnötig.

ohne weiteres zu entnehmen gestatten. (Albrecht, Hilfstafeln Nr. 27 bis 29. Auch wegen der höheren Glieder der Reihe findet man dort das Weitere. Seite 53 ff.)

Hat man die Sonne in der Nähe des Meridians beobachtet, so ändert sich die Deklination dieses Gestirnes während der Beobachtung. Deshalb nehme man für alle Reduktionen diejenige Deklination, welche bei der Kulmination der Sonne im wahren Mittage stattfindet, und rechne den Stundenwinkel nicht von der Zeit T des Meridiandurchganges ab, sondern von der Zeit der gröfsten Höhe T_1. Bezeichnet μ die Deklinationsänderung in Bogensekunden während 48 Stunden, so erhält man $T_1 - T$, in Zeitsekunden ausgedrückt, durch

$$T_1 - T = \frac{\mu}{188,5} (\text{tang } \varphi - \text{tang } \delta).$$

§ 21. Breite aus Messung der Höhen polnaher Sterne.

Besonders für die nördliche Halbkugel in nicht zu niederen Breiten kommen noch die Höhenmessungen des Polarsternes in Betracht. Dieselben liefern, wie schon erwähnt, jederzeit, auch bei nur genäherter Kenntnis der Zeit, eine gute Breite. Leider ist auf der südlichen Halbkugel kein heller Stern dem Pole so nahe, dafs er für solche Messungen mit Vorteil benutzt werden könnte. Hat man Höhen- oder Zenitdistanzen des Polarsternes gemessen, so kann man dieselben unter gewissen Bedingungen auch stets nach den obigen Formeln reduzieren; bequemer aber ist hier entweder die direkte Rechnung jeder einzelnen Höhe oder eine spezielle, für den Polarstern abgeleitete Reihenentwicklung.* Im ersteren Fall hat man zu setzen:

$$\sin \delta = n \sin N$$

und

$$\cos \delta \cos t = n \cos N,$$

daraus hat man

$$\cos (N - \varphi) = \frac{1}{n} \cos z.$$

Man findet also aus den ersten beiden Gleichungen N und n, nämlich

$$tg\, N = tg\, \delta \cos t$$

und dann $n = \frac{\sin \delta}{\sin N}$ oder gleich $\frac{\cos t \cos \delta}{\cos N}$, je nachdem $\sin N$ oder $\cos N$ das gröfsere ist. Kennt man $N - \varphi$, so ist natürlich auch φ bekannt. Da N aus der Tangente gefunden wird, mufs über das Vorzeichen besonders entschieden werden.

Bequemer, namentlich für eine gröfsere Anzahl von Einzelmessungen, ist die Berechnung der Breite mit Hilfe der Formel

$$\varphi = 90^{0} - (z + p \cos t - M \sin^{2} t - N),$$

wo

$$M = \tfrac{1}{2} p^{2} \sin 1'' \, tg\, \varphi$$

und $N = \frac{1}{6} p^{3} \sin^{2} 1'' \, (1 + 3\, tg^{2}\, \varphi) \sin^{2} t \cos t$ gesetzt ist.

In dieser Formel ist N selbst bei Zenitdistanzen bis 30° nicht gröfser als 1″ und nimmt mit der geographischen Breite schnell ab, so dafs es in den hier in Betracht kommenden Fällen stets vernachlässigt werden kann. Für die in der Formel φ vorkommende Gröfse finden sich in den Albrechtschen Hilfstafeln sehr bequeme Tafeln (Nr. 26), indem dort mittlere Werte für M und N mit einem mittleren Wert von p berechnet sind, welche nur noch kleiner, ebenfalls tabulierter Korrektionen bedürfen, die von der Veränderung von p mit der Zeit abhängen. Wenn M_0 und N_0 für p_0 gelten, so hat man mit dem aus den Jahrbuch für den betreffenden Tag zu entnehmenden p nur zu rechnen:

$$M = M_0 \frac{p^2}{p_0^{\,2}} \text{ und } N = N_0 \frac{p^3}{p_0^{\,3}}, \text{ wo } \frac{p^2}{p_0^{\,2}} \text{ und } \frac{p^3}{p_0^{\,3}}$$

aus Tafeln entnommen werden können. Die Einfachheit der Rechnung läfst das folgende Beispiel erkennen.

Bestimmung der Breite aus Beobachtungen des Polarsternes.

Es wurde am 1. September 1902 α Ursae min. mit einem Universalinstrument beobachtet.

Es war die A. R. des Sternes $1^h\, 24^m\, 51^s$ d. Dekl. $= +\, 88^{0}\, 47'\, 4''$;
$(\varphi) = 51^{0}\, 32'$ Nordbreite $p = 1\;\, 12\;\, 56$
$= 4376''$

$$\varDelta u = -52^s \text{ gegen Sternzeit.}$$

$$M = 58.5''; \ \frac{p^2}{p_0^{\,2}} = 0.998.$$

Die Rechnung mit Hilfe der Albrechtschen Tafeln stellt sich, wie folgt:

	Uhrzeit	t^h	t^0	z	$\cos t$
Kr. L.	$22^h\ 1^m\ 0^s$	$3^h\ 24^m\ 43^s$	51° 10′ 45″	37° 41′ 51″	9.79719
	2 57	22 46	50 41 30	41 25	80174
Kr. R.	7 55	17 48	49 42 0	41 25	81076
	10 18	15 25	48 51 15	40 28	81821
$\alpha + \varDelta u$	25 25 43				

4*

	$\sin^2 t$	$p \cos t$	$M \sin^2 t$	$(90 - \varphi)$	
Kr. L.	9.783	45′ 41″	35″	38° 26′ 57″	26′ 58″
	777	46 10	35″	27 0	
Kr. R.	765	47 8	34″	27 59	27 56
	754	47 57	33″	27 52	

$(90 - \varphi) = 38° 27' 27''$
Refr. $= + 44$
$(90 - \varphi) = 38\ 28\ 11$
$\varphi = 51° 31' 49''$

§ 22. Bestimmung der Breite aus zwei oder drei nahe dem Meridian gemessenen Höhen eines Sternes, wenn nur die Zwischenzeit bekannt ist.

Es kann auf Reisen leicht der Fall eintreten, dafs man nicht in der Lage ist, eine Zeitbestimmung auszuführen, also der Stand der Uhr unbekannt ist. Deshalb soll man aber doch nicht unterlassen, einige Höhenmessungen, wenn sich die Gelegenheit dazu bietet, in der Nähe des Meridians auszuführen, denn auch dann läfst sich bei Kenntnis der Zwischenzeit (also wenn möglich auch des Uhrgangs) aus zwei Höhen, wenn auch δu unbekannt ist, aus drei Höhen eine brauchbare Breite ableiten. Im letzteren Fall ist es wünschenswert, dafs die beiden Zwischenzeiten nahezu gleich sind.

1. Im ersten Fall hat man, wenn U_1 und U_2 die beiden Uhrzeiten sind (die zweite wegen event. Ganges verbessert) und h_1 resp. h_2 die zugehörigen Höhen:

$$\varphi = 90^0 + \delta - \left\{\tfrac{1}{2}(h_1 + h_2) + a\,\varDelta t^2 + \frac{[\frac{1}{4}(h_1 - h_2)]^2}{a\,\varDelta t^2}\right\}.$$

Darin bedeutet $a = \dfrac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin(\varphi - \delta)} \cdot 1{,}9635$

und $\varDelta t = \tfrac{1}{2}(t_2 - t_1)$.

Für die Berechnung von a lassen sich die in den nautischen Tafeln enthaltenen sogenannten „Kulminationssekunden“ verwenden.

2. Ist auch nichts über das Verhalten der Uhr bekannt (also δu unbekannt), so liefern drei Höhen doch ein Resultat für φ. Es ist dann, wenn h_1, h_2 und h_3 die zu den Uhrzeiten U_1, U_2 und U_3 gehörigen Höhen sind, zu setzen:

$$b = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1};\ c = \frac{h_2 - h_3}{t_3 - t_2} \text{ und } d = \frac{c - b}{t_3 - t_1},$$

damit erhält man die Zeit T des Meridiandurchganges

$$T = \frac{t_2 + t_1}{2} - \frac{b}{2d} \text{ oder gleich } \frac{t_2 + t_3}{2} - \frac{c}{2d}.$$

Kennt man T, dann läfst sich φ leicht aus einer oder zur Kontrolle besser aus mehreren der Grundgleichungen bestimmen, die lauten:

$$\begin{aligned}\varphi &= 90^0 + \delta - \left\{h_1 + d\,(t_1 - T)^2\right\} \\ &= 90^0 + \delta - \left\{h_2 + d\,(t_2 - T)^2\right\} \\ &= 90^0 + \delta - \left\{h_3 + d\,(t_3 - T)^2\right\}\end{aligned}$$

An die Stelle solcher Rechnungen kann mit Vorteil auch immer die graphische Auswertung der Messungen treten, indem man auf Millimeterpapier die Zeiten als Abszissen und die wegen Refraktion event. Durchmesser und Parallaxe korrigierten Höhen als Ordinaten in geeignetem Mafsstab aufträgt und durch die Endpunkte der Ordinaten eine Kurve zieht. Der höchste Punkt dieser Kurve wird die Ordinate, d. h. die Höhe für die Kulmination angeben und damit in bekannter Weise φ zu finden gestatten. Bei sorgfältiger Zeichnung kann man auf diese Weise φ leicht bis auf wenige Zehntel der Bogenminute finden. Überhaupt gewährt eine graphische Darstellung der Messungsresultate in sehr vielen Fällen eine gute und recht lehrreiche Übersicht für den Beobachter.

§ 23. Bestimmung der Breite aus Beobachtungen nahezu gleicher Zenitdistanzen im Norden und Süden des Zenits.

Hat der Reisende ein Durchgangsinstrument mit einer empfindlichen Libelle, die direkt an die Horizontalachse geklemmt werden kann, oder ist am Universalinstrument die Libelle entsprechend angebracht (was leicht gemacht werden kann), oder hat er gar ein oben näher beschriebenes Zenitteleskop zur Verfügung, so können die Breitenbestimmungen mit grofser Genauigkeit dadurch ausgeführt werden, dafs man Sterne auswählt, welche nördlich und südlich vom Zenit in sehr nahe gleicher Zenitdistanz kulminieren, für welche also $\frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$ sehr nahe gleich φ ist. Man hat dann nur nötig, diese Sterne bei ihrer Kulmination zu beobachten, indem man zwischen beiden Kulminationszeiten das Instrument in seinen Lagern umlegt oder um die Vertikalachse dreht. Die Zwischenzeit darf nicht zu grofs sein (etwa 5—10 Minuten). Haben die Sterne nicht genau gleiche Zenitdistanz, so läfst sich die Differenz, wenn nicht ein Mikrometerfaden im Okular ist, auch mittels der Libelle oder einer der Fufsschrauben, deren Ganghöhe dann genau bekannt sein und die im Meridian stehen mufs, bestimmen, und das ganz besonders gut, wenn im Gesichts-

felde mehrere Horizontalfäden ausgespannt sind, deren Distanz bekannt ist. Auf diese Weise kann die Differenz der Zenitdistanzen gemessen werden (dieselbe soll 5—10 Bogenminuten nicht übersteigen), und man hat dann, wenn von Refraktionsverschiedenheiten abgesehen wird, die gerade bei dieser Methode wegen der zu wählenden kleinen Zenitdistanzen (10—30°) sicher ohne Belang sind,

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta_1 - \delta_2) + \tfrac{1}{2}(z_1 - z_2).$$

Im übrigen kann hier auf diese Methode nicht weiter eingegangen werden; auch die scharfe Auswertung der Resultate wird immer nach der Rückkehr des Reisenden einem Fachmann überlassen werden müssen, wegen der nötigen Diskussion der einzelnen Daten, welche zur Messung von $(z_1 - z_2)$ benutzt worden sind und wegen der Ausrechnung möglichst zuverlässiger Werte für die Deklinationen der Sterne. Die Methode eignet sich nur gut, wenn der Reisende längere Zeit an einem Orte bleibt, dessen Position vielleicht schon früher nahezu bekannt war, denn dann kann schon vor der Reise ein entsprechendes Beobachtungsprogramm gemacht werden.

§ 24. Bestimmung der Breite aus Durchgangsbeobachtungen im I. Vertikal.

Bleibt der Reisende längere Zeit an einem Orte, so kann zur Breitenbestimmung sowohl Universalinstrument als Durchgangsinstrument (letzteres wegen gröſserer Stabilität vorzuziehen) in der Weise verwendet werden, daſs man die Umdrehungsachse in den Meridian stellt; dann wird bei fehlerfreiem Instrument die Absehenslinie die Ebene des I. Vertikals

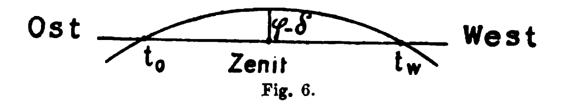


Fig. 6.

beschreiben. Beobachtet man mit einem so aufgestellten Instrument die Zeiten der Durchgänge von Gestirnen durch den Ost- und durch den Westvertikal, so liefern die Zwischenzeiten eine sehr scharfe Bestimmung der Gröſse $(\varphi - \delta)$, welche sich als Pfeil eines sphärischen Kreissegmentes darstellt (Fig. 6). Nach den Beziehungen der sphärischen Astronomie ist dann

$$\sin(\varphi - \delta) = 2 \sin\varphi \cos\delta \sin\tfrac{1}{2}(t_w - t_o)$$

oder auch
$$tg\,\varphi = tg\,\delta \sec\tfrac{1}{2}(t_w - t_o).$$

Die erste Formel enthält wiederum φ auch auf der rechten Seite der Gleichung; es wird aber auch da für die erste Rechnung ein nur einigermafsen genäherter Wert von φ genügen, um sofort einen schon nahe richtigen zu finden.

In der Praxis wird die Umdrehungsachse nicht genau horizontal liegen; es wird dieselbe auch nicht genau von Nord nach Süd gerichtet sein. Deshalb müssen noch wegen dieser Abweichungen Korrekturen angebracht werden. Die wichtigste, die sich nicht durch Anordnung der Beobachtungen eliminieren läfst, ist die für eine Neigung der Horizontalachse. Sie beträgt $\frac{1}{2}(i_0 + i_w) \cos z$, wo i_0 resp. i_w diese Neigungen für den Ost- resp. Westdurchgang bedeuten. — Dazu kommen noch Korrektionen wegen der Abweichung der Horizontalachse von der Meridianrichtung mit $\pm k \sin z$, je nachdem die Achse beim Ost- oder Westdurchgang um k'' von dem Meridian abweicht, und eine solche wegen des Kollimationsfehlers im vollen Betrage desselben. Dabei ist zu bedenken, dafs z immer nur klein (10^0—20^0) sein wird. Die genaue Auswertung der Beobachtung kann der Reisende aber meist nicht selbst oder wenigstens erst nachträglich ausführen.

Zur Bestimmung des Azimutes k müssen auch einige Sterne an jedem Abend in grofsen Zenitdistanzen beobachtet werden. Eine Änderung des Azimutes während der Beobachtungsdauer ist am schädlichsten. Die Beobachtungen müssen abwechselnd mit Kreis Nord und Kreis Süd ausgeführt werden, oder es mufs das Instrument während der Ost- und Westdurchgänge umgelegt werden, wodurch der Einflufs des Kollimationsfehlers eliminiert wird.

§ 25. **Bestimmung der Zeit und Breite aus Beobachtungen eines oder mehrerer Gestirne in verschiedenen oder gleichen Höhen oder in gleichen Vertikalkreisen.**

Wie schon oben bemerkt, lassen sich aus den Höhenmessungen zweier Gestirne bei verschiedenen Höhen auch Zeit und Breite gleichzeitig bestimmen. Sollen diese Resultate aber genau ausfallen, so ist es nötig, dafs man bei der Auswahl der Gestirne resp. der Stellen am Himmel, an denen man beobachtet, gewisse Punkte beachtet, die im wesentlichen aus der oben angegebenen Differentialgleichung folgen (Seite 35). Man mufs bei Beobachtung von Höhen danach streben, den Azimutunterschied nahe gleich 90^0 zu wählen, so dafs ein Gestirn nahe dem Meridian, das andere nahe dem ersten Vertikal steht, oder besser, dafs man vier Gestirne so auswählt, dafs je

eines im Süden und Norden (zur Breite) und je eines im Osten und Westen (zur Zeit) beobachtet wird. Am besten sollen dann die Zeitsterne die Breitenbeobachtungen zwischen sich schliefsen. Es würden sich Formeln angeben lassen, nach denen die Gesamtrechnungen gemeinsam durchgeführt werden könnten; doch ist das insofern nicht zu empfehlen, als durch solche Rechnungen leicht Ablesefehler u. dergl. unentdeckt bleiben. Es ist durchaus anzuraten, die Berechnung der Stundenwinkel und der Breiten einzeln vorzunehmen; dabei wird für die Berechnung der t zunächst ein genäherter Wert der Breite eingeführt und sodann aus den in der Nähe des Meridians angestellten Beobachtungen mit Hilfe der genäherten Kenntnis von Δu die Breite schärfer (meist schon völlig genau genug) gefunden werden.

Als besondere Fälle sind die zu unterscheiden (sie bieten mancherlei Vorteile), in denen man in gleichen Höhen oder in gleichen Vertikalen beobachtet hat; es können dann auch die vier Höhen durch drei in nahezu äquidistanten Azimuten ersetzt werden.

1. Namentlich der erstere Fall, welcher an das bekannte Gaufssche Problem der drei gleichen Höhen anknüpft, ist hier von Bedeutung. Die absoluten Höhen selbst sind dabei im allgemeinen gleichgültig; es mufs nur ihre Gleichheit gewährleistet sein.

Hat man zu den drei Zeiten U_1, U_2 und U_3 drei Gestirne in der (ihrem Betrage nach übrigens gleichgültigen) Höhe h beobachtet, so findet sich, wenn die Differenzen $U_2—U_1$ und $U_3—U_2$ nötigenfalls wegen Uhrgang (δu) korrigiert sind und man der Einfachheit wegen setzt

$$\tfrac{1}{15}\,\tau_1 = (U_2 - U_1) - (\alpha_2 - \alpha_1)$$
$$\tfrac{1}{15}\,\tau_2 = (U_3 - U_2) - (\alpha_3 - \alpha_1)$$

und aufserdem hat man aus der ersten und zweiten Beobachtung:

$$\left.\begin{aligned} m \sin M &= \sin \tfrac{1}{2}\tau_1 \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}(\delta_2 - \delta_1) \\ m \cos M &= \cos \tfrac{1}{2}\tau_1 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}(\delta_2 + \delta_1) \end{aligned}\right\} \text{ und damit mit } \begin{aligned} N &= \tfrac{1}{2}\tau_1 - M \\ \operatorname{tg}\varphi &= m \cos(t+N) \end{aligned};$$

aus der ersten und dritten Beobachtung aber in gleicher Weise:

$$\left.\begin{aligned} m' \sin M' &= \sin \tfrac{1}{2}\tau_2 \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}(\delta_3 - \delta_1) \\ m' \cos M' &= \cos \tfrac{1}{2}\tau_2 \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}(\delta_3 + \delta_1) \end{aligned}\right\} \text{ und damit } \begin{aligned} N' &= \tfrac{1}{2}\tau_2 - M' \\ \operatorname{tg}\varphi &= m' \cos(t+N') \end{aligned}$$

In beiden Gleichungen für tg φ kommen φ und t als Unbekannte vor und lassen sich daraus finden, indem man die Gleichungen für t auflöst und setzt:

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{m}{m'} \text{ womit wird:}$$

$$\operatorname{tg}\left(t + \tfrac{1}{2}(N + N')\right) = \operatorname{tg}(45^\circ - \vartheta) \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}(N' - N),$$

dann ist $\Delta u_1 = \alpha + t - U_1$

gültig für die Beobachtung des ersten Sternes. In den obigen Gleichungen sind m, m', M, M', N, N' und ϑ Hilfsgröfsen, die nur zur Erleichterung der Rechnung dienen. Trotzdem bleibt die Auswertung der Beobachtungen etwas umständlich. Hält man sich längere Zeit an einem Ort auf, und beobachtet man immer dieselben Sterne, was mehrere Wochen hindurch möglich ist, so kann die Rechnung durch Hilfstafeln abgekürzt werden.

2. Gelingt es dem Reisenden z. B., mit einem Durchgangsinstrument oder auch mit einem Universalinstrument zwei Höhen verschiedener Sterne beim Durchgang durch denselben Vertikalkreis zu messen, so läfst sich daraus Zeit und Breite recht genau finden; doch soll hier von der Wiedergabe der dazu nötigen Formeln wegen ihrer weniger übersichtlichen Form abgesehen werden; die Berechnung überläfst der Reisende später besser einem Fachmann, weil auch die genaue Auswertung der Instrumentalfehler dabei eine gröfsere Rolle spielt; es ist auf alle Fälle das Achsenniveau dabei sorgfältig abzulesen und der Kollimationsfehler der Absehenslinie kurz nach der Beobachtung in zuverlässiger Weise an einem irdischen Objekt eventuell an einer in gröfserer Entfernung aufgestellten Lampe zu bestimmen (vergl. auch Zeitbestimmung im Vertikal des Polarsternes, S. 46).

3. Sind zwei verschiedene Höhen desselben Sternes beobachtet, so läfst sich auch daraus Zeit und Breite finden; es mufs dann auch die eine Höhe nahe am Meridian (für die Breite) und eine im Osten oder Westen liegen. Die zu benutzenden Formeln sind dann, wenn h_1 und h_2 die Höhen, δ die Deklination des Sternes und t_1 und t_2 die zu den Höhen gehörigen Stundenwinkel sind:

$$\sin \tfrac{1}{2} (t_2 + t_1) = \frac{\sin h_1 - \sin h_2}{2 \cos \varphi \cos \delta \sin \tfrac{1}{2} (t_2 - t_1)}$$

$$\cos (\varphi - \delta) = \sin h_1 - 2 \sin \tfrac{1}{2} t_1 \cos \varphi \cos \delta.$$

Auf den rechten Seiten der Gleichung ist für φ ein genäherter Wert einzuführen und $t_2 - t_1$ eventuell wegen Uhrganges zu korrigieren. Die Rechnung ist so anzuordnen, dafs h_1 und t_1 zu dem in der Nähe des Meridians beobachteten Gestirne gehören.

In neuerer Zeit hat man mehrfach auch wieder auf die Messung von Höhendifferenzen zurückgegriffen. Dieselben sind, da sie nur einen differentiellen Charakter tragen, von manchen Fehlerquellen frei, und es können daher die betreffenden

Methoden, deren Auswertung meist nicht sehr umfangreich ist, nur empfohlen werden. Das Nähere darüber mufs aber in den nautischen Schriften nachgesehen werden.

§ 26. Anwendung der Photographie zur Bestimmung der Breite und der Zeit.

Heutigentags ist fast jeder Reisende mit einer photographischen Camera ausgerüstet, und es ist deshalb wohl angebracht, auch hier deren Verwendung für die Zwecke der geographischen Ortsbestimmung zu erläutern, soweit dies in einfacher Weise, und ohne dafs die höchste Genauigkeit angestrebt wird, geschehen kann. Denkt man sich eine photographische Camera so aufgestellt, dafs das Objektiv nach dem Zenit gerichtet ist und die empfindliche Platte somit sehr nahe senkrecht zur Lotlinie steht, so werden die Gestirne, welche sich auf der Platte abbilden, vermöge ihrer täglichen Bewegung Kreisbögen auf derselben ziehen, welche nach der Entwicklung der Platte zum Vorschein kommen. Könnte man nun auf der Platte denjenigen Punkt angeben, welcher das Zenit abbildet, und sind in den Kreisbögen Marken dadurch angebracht, dafs man zu bestimmten Zeiten (d. h. etwa 5 bis 10 Sekunden lang), welche man an einem Chronometer abliest und aufschreibt, das Objektiv verdeckt, so würde es leicht sein, durch Abmessung des Abstandes dieser Zeitmarken vom Zenitpunkt und durch Messen der Winkel, welche diese Richtungen am Zenitpunkt einschliefsen, Breite und Zeit zu finden. Die Breite allein würde man auffinden, wenn man den kürzesten Abstand derjenigen Kurven vom Zenitpunkt mifst, welche den Weg von Sternen darstellen, die während der Expositionszeit den Meridian passiert haben. Es handelt sich also darum, auf irgendeine Weise auf der Platte denjenigen Punkt zu finden, welcher das Zenit abbildet. Die Messung der Strecken auf der Platte kann dann, falls keine gröfsere Genauigkeit nötig wird, mit einem guten, etwa in halbe Millimeter geteilten Mafsstab ausgeführt werden.

Der Bildpunkt des Zenits läfst sich auf mehrfache Weise finden.

1. Man hängt neben der Camera an einem dünnen Drahte ein Lot auf, welches man zur Dämpfung der Schwingungen in ein Glas mit Öl oder Wasser tauchen läfst. Wird der Draht beleuchtet, so wird auf der Platte ein Bild desselben als Strich erscheinen, welcher offenbar durch den Zenitpunkt hindurchgehen mufs. Hängt man jetzt das Lot an einer andern

Stelle neben der Camera auf, beleuchtet wieder, so wird ein zweiter Strich auf der entwickelten Platte erscheinen, welcher den ersten Strich in einem Punkte schneidet, der dann offenbar die Abbildung des Zenits ist. Von diesem aus würden dann die obenerwähnten Entfernungen zu messen sein[1]).

2. Der Zenitpunkt läfst sich auch dadurch finden, dafs man die Camera während der Exposition auf den Himmel um eine genau vertikale Achse dreht. Das Bild eines feststehenden Sternes würde dann auf der Platte während der Drehung einen Kreis beschreiben, dessen Zentrum das Zenit darstellt. Kennt man von diesem Kreis zwei diametrale Punkte, so wird auch die Mitte ihrer Verbindungslinie dem Zenit entsprechen. Man hat also nur nötig, die Camera während der Exposition um 180° um eine vertikale Achse zu drehen, um der gestellten Bedingung zu genügen. Die Aufnahme wird folgendermafsen vor sich zu gehen haben. Nachdem der Apparat aufgestellt ist, welcher aus einer um eine vertikale Achse drehbaren Camera besteht (Schnaudersche Zenitcamera), wird Kassette und Objektiv geöffnet; dann läfst man die Sternbilder etwa ein oder zwei Minuten auf die Platte wirken, bedeckt das Objektiv zehn Sekunden lang und läfst dann wiederum ein oder zwei Minuten das Licht der Sterne auf die Platte wirken. Nun dreht man die Camera um 180° und macht eine ganz gleiche Aufnahme wie in der ersten Lage; jetzt dreht man die Camera zurück und macht eine dritte ganz gleiche Aufnahme. Dabei ist nur darauf zu achten, dafs die Unterbrechung der Sternspur in der zweiten Lage der Camera g e n a u in die Mitte der Zeiten fällt, zu welcher die Unterbrechung in erster und dritter Lage stattfanden. Die Verbindungslinien, welche die Stelle der zweiten Unterbrechung mit der Mitte zwischen der ersten und dritten verbinden, werden dann alle, falls man die Spuren mehrerer Sterne in Betracht zieht, sich in einem Punkte, dem Bildpunkte des Zenits, schneiden.

3. Auch durch die Benutzung eines kleinen Kollimatorfernrohres kann man den Zenitpunkt markieren, indem man dasselbe mit der optischen Achse senkrecht gerichtet über der

---

[1]) Da ein blanker Metallfaden bei Beleuchtung mit einer Lampe unklare Striche gibt, so kann man dies Verfahren dadurch zweckmäfsig abändern, dafs man an dem Faden zwei übereinander befindliche polierte Metallkugeln zentrisch, in einem Abstande von etwa einem halben Meter, anreiht. Die Reflexe an diesen Kugeln werden dann zwei senkrecht übereinanderliegende Lichtpunkte liefern, durch welche sich auf der Platte die erwähnten Linien schärfer fixieren lassen.

mit der Kassettenfläche auf einer horizontalen Unterlage in der Mitte über dem Objektiv aufhängt. Wenn man sodann das Fadenkreuz beleuchtet, so wird dasselbe, sobald es im photographischen Fokus des Fernrohres steht, auf der Platte ein Bild erzeugen. Dreht man sodann die Aufhängevorrichtung des Fernrohres um 180°, so wird, wenn die Absehenslinie nicht genau senkrecht stand, bei nochmaliger Beleuchtung des Fadenkreuzes dasselbe eine zweite Marke auf der Platte hervorbringen. Die Mitte zwischen beiden Kreuzungspunkten der Fäden wird sodann der Bildpunkt des Zenits sein, falls die Camera während der Operation ganz unverrückt geblieben ist. Vor und nach Fixierung des Zenitpunktes, zu welchem Zwecke der kleine Kollimatorapparat auf einem besonderen Stative über dem Objektiv der Camera angebracht wird, läfst man die Sterne etwa eine halbe Stunde lang ihre Spuren aufzeichnen (Methode nach Schwarzschild).

Bei der zweiten und dritten Methode ist es nötig, die vertikale Richtung der Umdrehungsachse der Camera resp. des Kollimatorapparates durch Libellen zu kontrollieren, um etwaige Abweichungen in Rechnung bringen zu können. Auf die Ausmessung und Berechnung kann hier weiter, als es oben schon andeutungsweise geschehen ist, nicht eingegangen werden, da der Reisende im Felde meist nicht in der Lage ist, seine Aufnahmen zu entwickeln, noch weniger aber Mittel besitzt, dieselben genauer auszumessen. Es wird sich vielmehr stets empfehlen, die erhaltenen Aufnahmen an eine mit den nötigen Apparaten versehene Sternwarte (z. B. Göttingen) einzusenden und dort von einem Fachmann auswerten zu lassen.

Es galt hier nur den Reisenden darauf aufmerksam zu machen und zu zeigen, dafs mit verhältnismäfsig geringen Mitteln auch auf photographischem Wege brauchbare Breiten- und Zeitbestimmungen zu erlangen sind, und die Methoden zu skizzieren, nach welchen er seinen Apparat zu solchen Zwecken nutzbringend anwenden kann.

IV. Bestimmung der geographischen Länge und Azimutmessungen.

§ 27. Die verschiedenen Methoden der Längenbestimmung und das Wesen derselben.

Da es sich hier darum handelt, den Zeitunterschied zweier Orte zu ermitteln, so bieten sich für die Längenbestimmung drei verschiedene Wege dar. Erstens kann man die Zeit

des einen Ortes direkt vermittels Uhren oder Chronometer nach dem zweiten übertragen und dieselben mit der dort herrschenden durch Zeitbestimmungen gefundenen vergleichen. Zweitens können an beiden Orten gleichzeitig sichtbare Phänomene (Pulversignale, elektrische Signale, Mondfinsternisse, Verfinsterungen der Jupitertrabanten) beobachtet werden, wodurch man unmittelbar die Differenz der Ortszeiten erhält. Drittens endlich können Mondbeobachtungen zur Längenbestimmung verwandt werden. Da nämlich der Mond uns so nahe ist, so verändert sich sein auf den Erdmittelpunkt reduzierter Abstand von einem andern Himmelskörper oder einer Ebene, deren Lage für jede Zeit bekannt ist, infolge seiner Eigenbewegung schnell genug, um die Zeit eines bestimmten Abstandes mit Sicherheit angeben zu können. Kennt man daher die Zeit eines Abstandes (sei es Berührung, wie bei Sonnenfinsternissen und Sternbedeckungen, oder eine gröfsere Entfernung, wie bei Monddistanzen) oder endlich direkt den Rektaszensionsunterschied zwischen Mond und ihm nahestehenden Sternen für eine bestimmte Ortszeit (z. B. für Greenwich oder Pariser Zeit), für welche diese angulären Distanzen im voraus berechnet und in den Jahrbüchern tabuliert sind, so kann man auf Grund der gemessenen Abstände auch die zugehörige Zeit des Nullmeridians bestimmen. Dann ist die Längendifferenz sofort gleich dem Unterschied beider Zeiten. Dabei ist erforderlich, dafs alle beobachteten Winkel so reduziert werden, als ob man sie vom Erdmittelpunkt aus gemessen hätte, denn nur für diesen können die Tafelwerte gegeben werden. Im allgemeinen ist immer eine genäherte Kenntnis der geographischen Länge vorauszusetzen, da dann sowohl die Reduktionsrechnungen als auch die Interpolation der Zeiten des Nullmeridians wesentlich erleichtert werden. — Es ist unter dieser Voraussetzung nur nötig, Verbesserungen dieser angenommenen Längendifferenz zu berechnen, und gerade dieser Umstand ist besonders bei Mondhöhenmessungen von Wichtigkeit.

§ 28. **Längenbestimmung durch Zeitübertragung.**

Was zunächst die Zeitübertragung betrifft, so ist wegen der Behandlung der Uhren auf § 4 zu verweisen. Auf der Reise kann man sich aber nie auf den Gang einer Uhr verlassen; es müssen daher stets mehrere Uhren in Anwendung kommen. Vorausgesetzt mufs dabei werden, dafs auf Grund einer Reihe von Beobachtungen oder auf andere Weise der tägliche Gang δu der Uhren sowohl vor als nach der Reise

zwischen beiden Orten bekannt ist, dafs weiterhin kurz vor der Abreise vom ersten Ort (A) eine gute Zeitbestimmung und gleich nach der Ankunft am zweiten Ort (B) eine ebensolche ausgeführt werden kann[1]). Ist für den Ort A $\varDelta u_a$ und δu_a bekannt und sodann auch für den Ort (B) $\varDelta u_b$ und δu_b ermittelt, so hat man die Zeit der Reisedauer $(T_b - T_a) + (U_b - U_a) = D$ zu berechnen, wo D also gleich der Anzahl der zwischenliegenden Tage

$$+ (U_b - U_a)$$

ist. U_a und U_b sind die Uhrangaben für die letzte resp. erste Zeitbestimmung in A resp. B. Es ist dann direkt:

$$\text{Längendifferenz} \quad \lambda = \varDelta u_a + D \frac{\delta u_a + \delta u_b}{2} - \varDelta u_b.$$

Jede Uhr liefert einen Wert von λ, und diese müssen dann je nach der Zuverlässigkeit der Uhren miteinander zum Mittelwert verbunden werden. Ein Urteil über diese kann der Reisende sich dadurch verschaffen, dafs er seine Uhren regelmäfsig täglich miteinander vergleicht. Sicherer wird allerdings der wahrscheinlichste Wert von λ später nach Diskussion des ganzen Materials von einem Fachmann ermittelt werden können.

§ 29. Längenbestimmung durch Beobachtung gleichzeitiger Phänomene.

Die zweite Art bedarf nur einer kurzen Erörterung, da die Verfinsterungen in den Ephemeriden zum voraus berechnet sind. Wegen der unsicheren Schattengrenzen und des allmählichen Verschwindens resp. Wiederaufleuchtens gibt diese Methode aber keine zuverlässigen Resultate, die Mondfinsternisse noch weniger als die Verfinsterungen der Jupitertrabanten, zu deren Beobachtungen man überdies noch ein gutes Fernrohr haben mufs. Die Verschiedenheit der Beobachter und der Fernrohre hebt man teilweise auf, wenn Eintritt und Austritt aus dem Schatten beobachtet werden kann. Auch dadurch kann der Beobachter seinen und seines Instrumentes konstanten Fehler teilweise bestimmen, dafs er an einem bekannten Orte Verfinsterungen beobachtet und das Resultat mit anderweitig bekanntem Resultate vergleicht. — Von den Signalen fallen die elektrischen auf Reisen fort; die andern dienen nur für kurze Entfernungen.

---

[1]) Wenn der tägliche Gang der Uhren während des Transportes ein anderer ist als in Ruhe, so mufs man durch Schleifenbildung der Reiserouten erst das δu für den Transport zu bestimmen suchen.

§ 30. Längenbestimmung aus Sonnenfinsternissen und Sternbedeckungen.

Diese Ereignisse gewähren sehr zuverlässige Resultate; sie finden jedoch nur selten statt. Für denselben Ort beträgt die Anzahl der Sternbedeckung in einem Jahre:

für Sterne inkl. 4. Gröfse: im Mittel 6, selten mehr als 9.
" " " 5. " " " 20, " " " 27.

Sonnenfinsternisse sind sogar höchstens drei im Jahre.

Die Vorausberechnung der Finsternisse und der Sternbedeckungen findet sich in den Ephemeriden, und es sind dort zugleich die Grenzen auf der Erdoberfläche angegeben, innerhalb deren diese Erscheinungen sichtbar sind. Im N. J. sind die Bedeckungen durch den Mond nur für diejenigen Sterne angegeben, welche vierter Gröfse und heller sind, und es sind für diese Sterne Hilfsgröfsen mitgeteilt, welche die Rechnung für die Ableitung der Länge aus der Beobachtung einer Bedeckung sehr erleichtern[1]). Tritt der Stern am hellen Mondrande ein, so ist die Beobachtung des Eintritts unsicher, da man den Stern schon oft vom Monde bedeckt glaubt, wenn dies noch nicht der Fall ist. Es ist daher zu empfehlen, am hellen Mondrande nur den Eintritt von Sternen erster und zweiter Gröfse zu beobachten, die Beobachtung des Austritts am hellen Mondrande aber auf Sterne erster Gröfse zu beschränken; es sei denn, dafs der Reisende ein genügend lichtstarkes Fernrohr zur Verfügung hat. Mit einem Fernrohr von 6 cm Öffnung und 60facher Vergröfserung wird man am hellen Mondrande Sterne vierter Gröfse überhaupt nicht mehr sehen, während ein solches Fernrohr ausreichend ist, um bei schmaler Mondsichel kurz nach dem Neumonde noch den Eintritt von Sternen siebenter Gröfse am dunkeln, jedoch vom Erdlichte matt erleuchteten Mondrande beobachten zu können. Es ist dringend zu raten, die Beobachtung einer etwa stattfindenden Sternbedeckung nicht zu versäumen und sich in der Zeit kurz nach dem Neumonde nicht auf die in den Ephemeriden angegebenen Sterne zu beschränken, da die Berechnung solcher Bedeckungen ja später ausgeführt werden kann. Man richte das Fernrohr häufig auf die nächste Umgebung des Mondes, um zu sehen, ob ein hinreichend heller Stern vorhanden ist, welcher zur Bedeckung kommen kann; aus der nach einiger Zeit sichtbaren relativen Bewegung des Mondrandes gegen den

[1]) Hierzu sind auch die gewöhnlich in den „Annalen der Hydrographie" erscheinenden Hilfsgröfsen nach Stechert zu vergleichen. —

Stern wird man auf die Zeit und den Ort am Mondrande für den Eintritt sowohl als auch einigermafsen für den Austritt schliefsen können. Eine einzige gut beobachtete Sternbedeckung gibt, wenn die Bedeckung nicht zu nahe am südlichen oder nördlichen Mondrande erfolgt, und vorausgesetzt, dafs man den Stand der Uhr gegen Ortszeit genau kennt, eine bessere Längenbestimmung als mehrere Beobachtungen von Monddistanzen und Mondhöhen. Bei Sonnenfinsternissen können immer nur die Kontakte der Ränder beider Gestirne beobachtet werden; deren sind es vier: erster äufserer, erster innerer, zweiter innerer und zweiter äufserer Kontakt, von dem alle selten an einem Orte sichtbar sein werden. Der erste davon ist am unsichersten.

Auf die Methoden der Berechnung der Länge aus Sternbedeckungen und noch weniger aus Sonnenfinsternissen kann hier nicht eingegangen werden, da dieselben ziemlich umfangreich sind und aufserdem auch weitergehendere astronomische Kenntnisse erfordern, als in diesem Falle vorausgesetzt werden sollen.

§ 31. Längenbestimmung aus Monddistanzen.

Ein gutes Mittel für die Längenbestimmung bieten die Monddistanzen insofern, als sich diese Beobachtungen stets, mit Ausnahme weniger Tage während des Neumondes, anstellen lassen. Die Reduktion derselben ist jedoch etwas umständlich; sie läfst sich aber doch während der Reise ausführen, wenn auch nur bis zu einer gewissen Genauigkeitsgrenze. Am besten eignen sich für den Reisenden dazu die in den Jahrbüchern und besonders im „N. J.“ gegebenen Tafeln. Mit deren Hilfe gestaltet sich die Rechnung dann noch verhältnismäfsig kurz, während sie nach den strengen Formeln wegen des starken Einflusses der Mondparallaxe ziemlich umständlich wird. (Vergl. dazu die Handbücher der Nautik und Wislicenus, „Geographische Ortsbestimmungen“.) Auch graphische Methoden lassen sich angeben. — Die Rechnung nimmt folgenden Verlauf: Es sind entweder mit der Monddistanz gleichzeitig durch einen zweiten Beobachter die Höhen der Gestirne beobachtet worden, oder diese müssen nach den Formeln für die Zenitdistanz bei gegebener Zeit berechnet werden. Damit hat man entweder die scheinbaren oder die wahren Höhen (Erdmittelpunkt). Mit Hilfe dieser wird der Einflufs von Refraktion und Parallaxe auf die Distanz gerechnet (Tafeln 7, 13 und 14 des „N. J.“). Damit erhält man

die Daten für die Berechnung der Korrektion der Distanz, zu welcher noch diejenige wegen des Mondradius und, wenn die Sonne statt eines Sternes verglichen ist, auch der Radius dieser Richtung der Distanz (Tafeln 9a bis 12) hinzukommt, um die Distanz der Zentren zu liefern. Mit dieser Distanz der Mittelpunkte wird die Azimutdifferenz resp. der Unterschied im Stundenwinkel gerechnet und aus diesem dann die Distanz am Erdmittelpunkt, welche mit den Daten des Jahrbuches verglichen werden kann. Für die Interpolation enthält das „N. J." auch Tafeln (Tafel 17). Des weiteren mufs auf die angeführte Literatur verwiesen werden. — Die Monddistanzen sind offenbar dann am günstigsten, wenn dieselben sich am raschesten ändern. Infolge der elliptischen Mondbahn und aus einigen andern Ursachen kann die tägliche Änderung zwischen 8 und 16 Grad schwanken; ein Beobachtungsfehler von 10″ in der Distanz bringt, je nachdem, einen Längenfehler von 7½ und 3¾ Bogenminuten hervor. Beobachtungen bei niederen Höhen sind wegen der Unsicherheit der Refraktion und der umständlichen Rechnung, welche sie wegen der Parallaxe fordern, zu vermeiden. Zuweilen wird es ratsam sein, den helleren Mond etwas abzublenden, während am Tage, wenn Distanzen zwischen Mond und Sonne gemessen werden, letztere stark abgeblendet werden mufs. Der Fehler, der dabei durch eine etwaige prismatische Gestalt der Blendgläser hervorgebracht werden kann, mufs aber bekannt sein oder durch Drehung der Gläser um 180° eliminiert werden (vergl. S. 17). Aufserdem spielt die Exzentrizität des Sextanten, wenn ein solcher verwendet wird, und der Indexfehler eine grofse Rolle. Ihren Einflufs kann man aufheben, wenn man Sterne von nahe gleichem östlichen und westlichen Abstande vom Monde am selben Tage mifst. Der Indexfehler ist aber doch stets zu bestimmen. Auch mufs man, wenn möglich, Distanzen zur Zeit des ersten und letzten Viertels messen.

§ 32. Längenbestimmungen aus Mondhöhen.

Diese Methode eignet sich besonders für niedere Breiten, wo die Richtung der täglichen Bewegung nahe mit dem Vertikalkreise zusammenfällt. Die Höhen müssen in dem Stundenwinkel genommen werden, in welchem die Eigenbewegung des Mondes den gröfsten Einflufs auf die Änderung des Stundenwinkels hat. Wächst die Deklination des Mondes stark, so müssen bei höheren nördlichen Breiten die Höhen im west-

lichen Stundenwinkel genommen werden. In höheren südlichen Breiten sind die Höhen dagegen im ersteren Falle im Westen, im zweiten im Osten zu beobachten; gut ist es aber immer, zu beiden Seiten des Meridians möglichst gleich viele Messungen zu machen. Zur Eliminierung der Fehler des Instrumentes und der Beobachtungsmethode selbst ist es erforderlich, daſs die Sternhöhen immer so nahe als möglich den Mondhöhen gemessen werden und diesen auch nahe gleich sind. Ist der Unterschied nur gering, so beobachte man zuerst die eine Höhe und warte, bis das andere Objekt dieselbe Höhe erreicht. Man hat dann nur die beiden Zeiten zu notieren; zur Sicherheit, daſs sich das Instrument während der kleinen Bewegung um die Vertikalachse nicht verstellt hat, ist jedoch auch jedesmalige Ablesung der Höhenlibelle unbedingt nötig.

Die erstere Methode beruht auf der Messung absoluter Höhen, die zweite auf Höhendifferenzen.

a) Messung absoluter Höhen.

Hat man ein gewöhnliches Universalinstrument, so empfiehlt es sich, die absoluten Höhen zu messen und nur darauf zu achten, daſs der Stern nicht zu weit vom Mond entfernt ist (in Deklination nicht über 10—15°, in Rektaszension nicht über 5°), da sonst die Instrumentalfehler zu starken Einfluſs haben können.

Hat man mittels des Sternes die Zeitbestimmung ausgeführt, so erhält man aus der Höhenmessung des Mondes und der Uhrkorrektion den Stundenwinkel des Mondrandes. Mit den Angaben des Jahrbuches betr. Radius, welche man auch schon zur Berechnung des Stundenwinkels mit einer genäherten Länge interpoliert hat, findet man die Zenitdistanz der Mondmitte. Stundenwinkel und Sternzeit der Beobachtung liefern sodann die Rektaszension des Mondes. Diese wird im allgemeinen von der mit der genäherten Länge interpolierten abweichen. Die Differenz beider Werte gibt sodann einen Anhalt für die Korrektion der angenommenen Länge, wenn dieselbe durch die Änderung der Rektaszension des Mondes in einer gewissen, auch der Längendifferenz zugrunde gelegten Zeiteinheit (etwa die Zeitminute) dividiert wird. Numerisch würde der Verlauf der Rechnung folgender sein: Sind $\alpha_☾$, $\delta_☾$, r und π (Horizontalparallaxe) des Mondes mit der genäherten Länge (λ) aus dem Jahrbuch entnommen, und ist φ die Breite des Beobachtungsortes, so hat man, wenn z die Zenitdistanz des Mondes und Δu der aus dem mondnahen Sterne gefundene Uhrstand ist, zu rechnen:

1. $r' = r + sr^2 \cos z + \frac{1}{2} s^2 r^3$, dabei ist $\log s = 5.2495 - 10$ und r in Bogensekunden anzusetzen. (Das dritte Glied fast stets unnötig.)

2. Sodann ist $z' = z \pm r' \left\{ \begin{matrix} \text{oberer} \\ \text{unterer} \end{matrix} \right\}$ Rand.

3.[1]) $\sin \pi_1 = \dfrac{\sin \pi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$ und $\delta_1 = \delta + e^2 \pi_1 \sin \varphi \cos \delta$

$\log e^2 = 7.8244 - 10.$

Damit hat man:

4. $\sin \frac{1}{2} t_☾ = \sqrt{\dfrac{\sin \frac{1}{2} [z_1 + (\varphi - \delta_1)] \sin \frac{1}{2} [z_1 - (\varphi - \delta_1)]}{\cos \varphi \cos \delta_1.}}$

5. $\alpha'_☾ = U_☾ + \varDelta u \pm \frac{1}{15} t \cdot$ Mond im $\left\{ \begin{matrix} \text{Osten} \\ \text{Westen} \end{matrix} \right\}$ beobachtet.

Die Korrektion ($\varDelta\lambda$) der genäherten Länge (λ) ist dann

$$\varDelta\lambda = \pm \frac{\alpha_☾ - \alpha'_☾}{\varDelta\alpha + \frac{\varDelta\delta}{15}\left(\frac{\text{tang}\,\varphi}{\sin t} - \frac{\text{tang}\,\delta}{\text{tang}\,t}\right)},$$

wo $\varDelta\alpha$ und $\varDelta\delta$ die Änderungen der Mondkoordinaten in der Zeiteinheit (Minute) sind. Bei t ist auf das Vorzeichen zu achten. — Bezüglich des Vorzeichens vom $\varDelta\lambda$ gilt das $\left\{ \begin{matrix} \text{obere} \\ \text{untere} \end{matrix} \right\}$ für $\left\{ \begin{matrix} \text{östl.} \\ \text{westl.} \end{matrix} \right\}$ Längen.

b) Messungen von Höhendifferenzen.

Wie oben bei der Besprechung der Instrumente erwähnt, hat man in neuerer Zeit auch leichte und handliche Instrumente spez. für die Messung von Höhendifferenzen gebaut. Mit ihrer Hilfe ist es dann möglich, diese Differenzen in der Weise sicher zu messen, dafs man zunächst das eine Gestirn in Höhe einen oder mehrere Horizontalfäden passieren läfst und sodann, ohne die Absehenslinien in ihrer Neigung gegen den Horizont zu ändern, das zweite Gestirn in gleicher Weise beobachtet. Kleine Änderungen in der Neigung gibt eventuell die Ablesung einer mit dem Fernrohre direkt zu verbindenden empfindlichen Libelle.

Hat man die beiden Zeitmomente der entsprechenden Durchgänge notiert, so läfst sich daraus die Differenz der

---

[1]) Die Formeln 3 brauchen für die Tropen nicht gerechnet zu werden. Es ist $\pi_1 = \pi$ und $\delta_1 = \delta$ zu setzen.

Stundenwinkel und sodann die Höhe des Mondes berechnen, und diese wird dann mit der Soll-Höhe, wie sie die mit der genäherten Länge interpolierten Daten des Jahrbuches liefern, verglichen und daraus die Korrektion der Längendifferenz abgeleitet. Diese Rechnung ist, wenn sie scharf geführt werden soll, erheblich umständlicher als die des vorigen Abschnittes: sie mag daher hier nur angedeutet werden. Aus $\alpha_{☾}$ und $\delta_{☾}$, r und π mittels (λ) aus dem Jahrbuch interpoliert, rechnet man die Sternzeit der Beobachtung des Mondes $U + \varDelta u$, daraus mit $\alpha_{☾}$ den Stundenwinkel

$$t_{☾} = U_{☾} + \varDelta u - \alpha_{☾},$$

welcher sodann mit $\delta_{☾}$ und φ die wahre Höhe h_0 des Mondes liefert (§ 14). Diese sollte mit der beobachteten wahren Höhe h stimmen, wenn die Länge richtig angenommen, wenn also $\alpha_{☾}$ und $\delta_{☾}$ mit richtiger Zeit des Nullmeridians, also mit richtiger Längendifferenz λ, entnommen wären. Hat aber die Länge einen Fehler von $\varDelta\lambda$ Zeitsekunden, und ändern sich $\alpha_{☾}$ und $\delta_{☾}$ in 1^m um $\varDelta\alpha$ und $\varDelta\delta$ Bogensekunden, woraus eine Höhenänderung $\varDelta h$ folgen mag, so ist

$$\varDelta\lambda = \frac{h - h_0}{\varDelta h} \cdot 60,$$

wo $h - h_0$ in Bogensekunden auszudrücken ist.

$\varDelta h$ erhält man am bequemsten aus

$$m \sin M = \cos\varphi \cos t \qquad \cos h \sin p = \cos\varphi \sin t$$
$$m \cos M = \sin\varphi \qquad \cos h \cos p = m \cos(\delta + M)$$

(p für östlichen Stundenwinkel negativ).

Es ist dann: $\varDelta h = \cos p \cdot \varDelta\delta + \cos\delta \sin p \cdot \varDelta\alpha.$

§ 33. Längenbestimmungen aus Mondkulminationen.

Verfügt man über ein kleines Durchganginstrument oder über ein einigermafsen stabil aufgestelltes Universalinstrument[1]), so ist die Beobachtung der Mondkulmination und derjenigen einiger Sterne vor und nach dem Mond, die mit diesem nahe gleiche Deklination haben, das einfachste, zuverlässigste Verfahren, welches zur Auswertung nur sehr geringer Rechnungen bedarf, namentlich wenn man die Koeffizienten der Instrumentalfehler einer Tafel entnehmen kann. Wie oben im § 17 gezeigt wurde, erhält man durch Beobachten der Durchgänge der bekannten Gestirne durch die Fäden eines nahezu im Meridian

[1]) Prof. Schnauder hat gezeigt, dafs bei genügender Übung und Vorsicht schon die kleinen Hildebrandschen Universale genügen können.

aufgestellten Fernrohres auch die Zeiten ihrer Durchgänge durch den Meridian, wenn die Korrektionen wegen der Instrumentalfehler angebracht werden (vergl. Seite 45). Hat man nun nicht nur Sterne, sondern auch den Mondrand auf diese Weise beobachtet, so liefern, wenn der Uhrgang bekannt ist oder aus den Sternendurchgängen mitbestimmt wird, die Differenzen der Beobachtungszeiten unmittelbar auch die Differenz (f) zwischen den Rektaszensionen (α) der Sterne und der des Mondrandes ($\alpha_☾$). Aus den Jahrbüchern kann man die Durchgangszeit für den Mondradius entnehmen und erhält damit die Reduktion (d) von Mondrand auf Mondzentrum. Dann ist offenbar

Stern 1) $T_1 + f_1 \pm d = \alpha$ Mondzentrum } Sterne vor
2) $T_2 + f_2 \pm d =$ „ } dem Mond[1]).

Stern 3) $T_3 - f_3 \pm d =$ „ } Sterne nach
4) $T_4 - f_4 \pm d =$ „ } dem Mond.

Die Werte für α Mondzentrum liefern im Mittel die Rektaszension des Mondzentrums zur Zeit seines Durchganges durch den Meridian des Beobachtungsortes; das Jahrbuch gibt diesen Wert für die Kulmination am Nullmeridian, und es wird dann ganz einfach sein

$$\lambda = \frac{\alpha_☾ \text{(beob.)} - \alpha_☾ \text{(Jahrbuch)}}{\varDelta\alpha},$$ [2])

wenn $\varDelta\alpha$ die Rektaszensionsänderung für die Einheit der Längendifferenz ist. Man erhält also λ in Zeitminuten, wenn $\varDelta\alpha$ auch für eine Zeitminute aus dem Jahrbuch entnommen wird. Sowohl Nautical Almanac als auch Connaissance des Temps enthalten für diese Rechnung sehr bequeme Angaben und auch die ausführliche Erläuterung für ihren Gebrauch.

§ 34. Verwendung photographischer Aufnahmen zur Längenbestimmung.

Auch zur Längenbestimmung können unter günstigen Umständen photographische Aufnahmen mit Reisecameras verwendet werden. Natürlich können dabei nur Aufnahmen des Mondes in Frage kommen. Steht in der Nähe des Mondes, etwa innerhalb 30°, ein Stern, und zwar am besten nahezu auf demselben Parallel, so können auf der Platte Bilder von Mond und Stern zugleich erzeugt werden. Es wird nun zwar bei

---

[1]) Das obere Verzeichnis gilt für das erste Viertel (I. Rand), das untere für das letzte Viertel (II. Rand) des Mondes.

[2]) Beispiel siehe Seite 44.

kleinen Objektiven der Stern kein Momentbild, und der Mond wird, wenn länger auf ihn exponiert wird, ein undeutliches und in die Länge gezogenes Bild geben. Man mufs deshalb kurze und lange Expositionen in geeigneter Weise miteinander verbinden. Dabei verfährt man z. B. folgendermafsen: Nachdem das Objektiv resp. die Bildebene auf u n e n d l i c h eingestellt ist und die Mitte zwischen Mond und Stern etwa in die Mitte der Platte fällt (etwas nach derjenigen Seite zu, von welcher die Sternbilder herzukommen scheinen), wird dafür gesorgt, dafs für längere Zeit die Camera unberührt stehen bleiben kann. Jetzt wird die Kassette geöffnet und darauf etwa 1—2 Minuten exponiert, dann schliefst man das Objektiv für etwa zwei Minuten und macht dann am besten mit Hilfe eines Momentverschlusses eine ganz kurze Exposition 0,5—1,0 Sekunde; nun schliefst man wieder für zwei Minuten und öffnet nach deren Ablauf das Objektiv während einiger Minuten. Dadurch erhält man zwei langgestreckte und genau in der Mitte dazwischen ein scharfes schwaches Mondbild, dieses letztere wird dann korrespondieren mit der Mitte zwischen den zwei Sternspuren, welche dieser auf der Platte gezogen hat. Ist das Objektiv lichtstark und der Stern hell genug (erste Gröfse oder ein Planet), so wird man auch unter der Lupe eventuell das Momentbild des Sternes wahrnehmen können. Solcher Aufnahmen kann man auf derselben oder auf verschiedenen Platten an einem Abend mehrere machen. Zur Auswertung kann natürlich der Reisende unterwegs aus dem schon oben (§ 26) angeführten Grunde kaum schreiten. Aber gelingt es, die Platten in gutem Zustande mit nach Hause zu bringen, so läfst sich mit Hilfe geeigneter Mefsapparate und Methoden die Distanz Mond – Stern ausmessen für die natürlich genau aufzuzeichnenden Expositionsmomente, wozu immer eine sehr sorgfältige Zeitbestimmung erforderlich ist. — Vorteilhaft wird es aber immer sein, wenn auch für die photographische Methode der Reisende unter sachverständiger Leitung sich hat einüben können.

Zum Schlufs der Erläuterungen über die Längenbestimmungen vermittels Mondbeobachtungen ist noch darauf aufmerksam zu machen, dafs alle Berechnung der Längendifferenz aus solchen nur bis zu einem gewissen Grade, selbst wenn der Reisende die oft langwierige Rechnung ausführen könnte und wollte, scharfe Resultate liefern können, da die in den Mondephemeriden gegebenen Rektaszensionen und Deklinationen nicht völlig richtig sind. Die Theorie der Mondbewegung ist eine so komplizierte, dafs es bis jetzt noch nicht möglich ist, auf Jahre voraus den Mondort bis auf Bogen-

sekunden genau anzugeben. Die jeder Mondbeobachtung entsprechenden Koordinaten desselben lassen sich nur aus gleichzeitigen oder einschliefsenden Beobachtungen an festen Observatorien ableiten, so dafs dieselben immer erst nachträglich bekannt werden. Aus diesem Grunde sowohl als auch wegen mancher Schwierigkeiten, welche bei der Diskussion von Mondbeobachtungen auftreten, ist es jedenfalls nötig, die gesammelten Beobachtungsdaten nach der Rückkehr einem Astronomen vom Fach zur definitiven Berechnung zu übergeben. Der Reisende mufs nur mit der gröfsten Gewissenhaftigkeit dafür sorgen, dafs alle zur späteren Reduktion nötigen Daten in genügender Vollständigkeit aufgezeichnet werden. Damit dieses aber mit richtigem Verständnisse geschehen kann, ist es wünschenswert, wenn er sich auch mit den Rechnungsmethoden so weit vertraut macht, dafs er beurteilen kann, auf was er alles zu achten hat, und von welcher Wichtigkeit die einzelnen Angaben sind.

§ 35. **Azimutmessungen.**

Das Azimut A eines Gestirnes oder der Winkel am Zenit zwischen dem Meridian und dem Vertikalkreise dieses Gestirnes wird aus der gegebenen Polhöhe φ, der Zenitdistanz z und der Deklination δ erhalten nach

$$\sin \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin (s-\varphi) \cos (s-z)}{\cos \varphi \sin z}} \tag{1}$$

oder

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} A = \sqrt{\frac{\sin (s-\varphi) \cos (s-z)}{\cos s \sin (s-\delta)}} \tag{2}$$

wo wieder

$$s = \tfrac{1}{2} (\varphi + z + \delta) \text{ ist.}$$

Ist der Stundenwinkel t bekannt, so ist noch

$$\begin{aligned} \sin z \sin A &= \cos \delta \sin t \\ \sin z \cos A &= \sin \varphi \cos \delta \cos t - \cos \varphi \sin \delta. \end{aligned} \tag{3}$$

Um das Azimut A eines terrestrischen Gegenstandes mit einem Reflexionsinstrumente zu bestimmen, beobachte man die Distanz desselben von einem Gestirn und reduziere den gemessenen Winkel nach § 11 auf den Horizont. Dieser reduzierte Winkel ist die Differenz der Azimute des Gegenstandes und des Gestirnes. Das Azimut des letzteren sowie die für die Reduktion notwendigen Zenitdistanzen erhält man aus obigen Formeln durch Rechnung, wenn die Zeit und also auch der Stundenwinkel bekannt sind. Sonst beobachte man die Zenit-

distanz gleich mit, und zwar beobachte man alternierend Zenitdistanz und Winkel mit dem Gegenstande, damit alles auf denselben Zeitmoment reduziert werden kann. Das Gestirn soll sich immer nicht zu weit von dem irdischen Objekte und nahe in gleicher Höhe befinden; jedenfalls sind Höhen über 30—40° zu vermeiden. Befinden beide Objekte sich im Horizonte, so erhält man auch mit dem Sextanten die Azimutdifferenz unmittelbar.

Um das Azimut einer Richtung mit dem Universalinstrument zu bestimmen, hat man zunächst diejenige Ablesung des Horizontalkreises zu ermitteln, welche der Richtung des Fernrohres nach dem Südpunkte entspricht. Wird dann diese Ablesung von der für eine andere Richtung subtrahiert (vorausgesetzt, dafs der Kreis in der Richtung von Süd durch West usw. geteilt ist), so hat man das Azimut der letzteren Richtung. Ist die Zeit genau bekannt, so beobachte man irgendeinen Stern in gröfseren Zenitdistanzen, lese den Horizontalkreis ab und subtrahiere von dieser Ablesung das für die Beobachtungszeit berechnete Azimut des Sternes. Ist die Zeit weniger genau bekannt, so kann man einen dem Pole nahen Stern in jedem Stundenwinkel oder einen andern zwischen Zenit und Pol kulminierenden Stern zur Zeit der gröfsten Digression[1]) beobachten. Besser aber verbindet man mit der Ablesung des Horizontalkreises zugleich die des Vertikalkreises, wobei aber Sterne zu wählen sind, deren Zenitdistanz sich bedeutend rascher ändert als das Azimut, also wieder Sterne, die sich nahe in gröfster Digression befinden. Beobachtet man rasch hintereinander in beiden Lagen des Instrumentes, so erhält man eine Zenitdistanz z und eine Ablesung für das Azimut, die man als für das Mittel der Beobachtungszeit gültig betrachten darf. Wird mit z das Azimut berechnet und das Resultat von der Ablesung des Horizontalkreises subtrahiert, so erhält man wieder den Südpunkt. Wegen der Umlegung des Instrumentes kann man diesen als frei vom Kollimationsfehler betrachten; er ist aber noch für die Neigung i der horizontalen Achse zu korrigieren, wenn z kleiner als 60—70° ist. Denkt man sich diese Achse bis zum Horizonte verlängert, so wird das eine Ende einen Punkt des Horizontes treffen, dessen Azimut um 90° gröfser ist als das beobachtete. Liegt dieses Achsenende

[1]) Digression nennt man diejenigen Punkte der scheinbaren täglichen Bewegung eines Sternes, in denen er seine gröfsten Azimute nach Westen oder Osten vom Meridian erreicht. Dort ist die Azimutänderung gleich Null und ein Fehler in Δu also unmerklich bei der Berechnung von A.

zu hoch, so betrachte man die durch das Niveau ermittelte Neigung i als positiv. An das durch Rechnung gefundene Azimut ist dann die Korrektion $+ i \operatorname{cotg} z$, an den eben gefundenen Südpunkt also $-i \operatorname{cotg} z$ anzubringen.

Anmerkung, betreffend die Tafeln und Handbücher, welche der Reisende außer den Jahrbüchern noch mit sich führen sollte.

Th. Albrecht, Logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit fünf Stellen, oder die ähnlichen Tafeln von Becker, Bremiker, sowie eine vierstellige Logarithmentafel (etwa auch Bremiker).

Th. Albrecht, Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen. III. Auflage.

W. F. Wislicenus, Handbuch der geographischen Ortsbestimmungen auf Reisen, zum Gebrauche für Geographen und Forschungsreisende.

Im übrigen ist zu empfehlen für diejenigen, welche sich auch über die Ableitung der Formeln orientieren wollen: W. Jordan, Grundzüge der astronomischen Zeit und Ortsbestimmung, oder eines der umfangreicheren Lehrbücher der sphärischen Astronomie, die aber mehr für das Studium daheim als für den Feldgebrauch eingerichtet sind.

Aufnahme des Reiseweges und des Geländes.

Von

Peter Vogel.

Einleitung.

Wer in wenig erforschten Gebieten reist, kann durch Aufnahme des Weges und des umliegenden Geländes der Geographie wesentliche Dienste leisten. Die dazu erforderlichen Kenntnisse und praktischen Fertigkeiten in der Handhabung der Instrumente hat man sich bereits bis zu einem gewissen Grade in der Heimat anzueignen. Die besonderen Verhältnisse im Forschungsgebiete werden zwar manche der zu Hause geübten Methoden modifizieren, immerhin aber wird ein gut vorgebildeter Reisender gleich von Anfang an hinsichtlich des Grades der Genauigkeit, womit er arbeiten mufs, das richtige Gefühl haben und nichts versäumen, was für die schliefsliche wissenschaftliche Verarbeitung des gewonnenen Materials von Wichtigkeit ist.

Man soll sich auch zu Hause bereits einen Plan über die Arbeiten, die man ausführen will, machen und sich dabei nicht zuviel vornehmen. Wer den Reiseweg sorgfältig aufnehmen, die nötigen direkten Ortsbestimmungen machen und ein gutes Bild der allgemeinen Oberflächenverhältnisse des bereisten Gebietes schaffen will, ist nicht nur tagsüber reichlich beschäftigt, sondern sitzt auch des Nachts noch manche Stunde an der Kerze, wenn die Reisegefährten schon im Zelte oder in der Hängematte der Ruhe pflegen.

Die Aufgabe, welche in erster Linie zu lösen ist, ist die Bestimmung des Reiseweges nach Richtung und Entfernung oder, wie man zu sagen pflegt, die Aufnahme des Itinerars. Es werden zu diesem Zwecke von einem auf der Karte bereits festgelegten oder durch direkte Ortsbestimmung erst fest-

zulegenden Ausgangspunkte aus die einzelnen Teile des Reiseweges durch Bussole und Entfernungsbestimmung bis zu einem ebenfalls bereits festgelegten oder festzulegenden Punkte aufgenommen und die zugehörigen Höhen über irgend einem Nullpunkte gemessen.

Wo direkte Ortsbestimmungen nicht nötig sind, wie z. B. bei Durchquerungen von Inseln, deren Küsten bereits aufgenommen sind, oder bei geringen Entfernungen (bis zu 100 km), kann jeder Gebildete, der die nötige Sorgfalt aufwenden will, mit nur wenigen Hilfsmitteln ein brauchbares Itinerar liefern. Wer auf grofse Entfernungen arbeiten und bis zur definitiven Vermessung (Triangulation) des bereisten Gebietes brauchbares Material liefern will, bedarf guter Schulkenntnisse in der Trigonometrie, Übung in der Handhabung geodätischer Instrumente und einiger Gewandtheit im topographischen Zeichnen. Die Anleitung zu direkten Ortsbestimmungen gibt die Abhandlung des Herrn Prof. Ambronn; im folgenden sollen nun die Instrumente und Methoden behandelt werden, die zur Aufnahme des Itinerars sowie zu den sich daran anschliefsenden geographischen Arbeiten benutzt werden können. Der Leser wird finden, dafs mancher einfache Abschnitt verhältnismäfsig breit und elementar, mancher schwierige dagegen nur kurz behandelt ist. Man möge das damit entschuldigen, dafs auch der nur mit den einfachsten Mitteln ausgestattete Anfänger Rat finden soll; bei schwierigeren Arbeiten, die nur ein Vorgebildeter ausführen kann, wird oft ein Wink genügen.

I. Entfernungsmessung.

§ 1. Schrittmafs.

Das Abschreiten von Entfernungen ist ein vorzügliches Mittel zur Entfernungsbestimmung auf Reisen. Allerdings ist die Länge des Schrittes auch bei derselben Person wechselnd; sie hängt selbst bei gleicher Steigung ab von der Bodenbeschaffenheit (z. B. 100 Schritt auf aufgeweichtem Boden entsprechen ungefähr 96 Schritt auf festem), von der Last, welche man trägt, von der Bekleidung, insbesondere vom Schuhwerk (Höhe der Absätze), von der Tageszeit und dem Grade der Ermüdung und wird vom Winde beträchtlich beeinflufst. Man kann die Schrittlänge eines Mannes von 1,70 m Körperhöhe zu 80 cm annehmen und für je 5 cm Körperhöhe mehr oder weniger 1 cm zu- oder abrechnen. Jeder Beobachter soll durch Abschreiten einer Strecke von bekannter

Länge seine individuelle Schrittlänge bestimmen und keinen Versuch machen, sich einen Normalschritt anzugewöhnen, weil er einen solchen für die Dauer doch nicht einhalten kann. Man zähle Doppelschritte, beginne stets auf demselben Fufse mit Null und spreche jede Zahl zweisilbig aus, also die einsilbigen zweimal. Bei einiger Übung und günstigen Verhältnissen können Entfernungen durch Abschreiten auf 2—3 % genau bestimmt werden. Hat der Weg Steigung oder Gefälle, so verkleinert sich die Schrittlänge. Jordan fand z. B. für seinen auf horizontalem Wege 77 cm langen Schritt als Horizontalprojektion x die folgenden Werte:

Steigung aufwärts α	Schrittwert horizontal x_1	Gefälle abwärts α	Schrittwert horizontal x_2
0°	77 cm	0°	77 cm
5°	70 „	5	74 „
10°	62 „	10	72 „
15°	56 „	15	70 „
20°	50 „	20	67 „
25°	45 „	25	60 „
30°	38 „	30	50 „

Bezeichnet s die Schrittlänge in der Horizontalebene, so lassen sich diese Zahlen darstellen durch die Formeln $x_1 = s\,(1 - \sin\alpha)$ für das Aufwärtsgehen und $x_2 = s\,(1 - \sin\frac{\alpha}{2})$ für das Abwärtsgehen.

Um den Horizontalwert der gezählten Schritte berechnen zu können, notiert man die Gröfse des Gefälles, in Graden geschätzt, wofür man sich leicht eine gewisse Fertigkeit aneignet, wenn man sie öfters mit dem Gefällmesser bestimmt. Übrigens kann man diese Reduktion auch mit Hilfe des Federbarometers, das ja ohnehin an jedem Bruchpunkte des Profils abgelesen werden sollte, bestimmen. (Vergl. Jordan, Vermessungskunde II, 6. Aufl., S. 657 und Tabelle [29].)

Da das Zählen der Schritte auf der Reise nicht längere Zeit durchgeführt werden kann, wenn man nicht die wichtigsten Beobachtungen versäumen will, wurden Schrittzähler konstruiert, die aber für den Forschungsreisenden nur von zweifelhaftem Werte sind, da sie nur bei geringen Steigungen und auf guten Wegen befriedigende Resultate liefern. Hängen sie nicht vollständig vertikal in der Tasche, so liefern sie leicht bis zu 10 % falsche Resultate; wer einen trägt, wird ihn leidlich finden, sobald er aber noch einen zweiten nimmt, wird er finden, welch grofse Differenzen beide haben. Wer Schrittzähler benutzen will, tut am besten, drei Personen mit je

einem auszurüsten und das Mittel aus den Ablesungen zu nehmen; sie haben immerhin den Vorteil, dafs sie bei sehr wechselnden Geschwindigkeiten eine rasche Ermittlung der zurückgelegten Entfernung ermöglichen, und dafs sie beim wirklichen Schrittzählen vor groben Zählfehlern (± 100 Schritt) schützen. In jedem Falle sollten sie die Zahl der Schritte unmittelbar angeben, nicht aber die nach irgendeinem Verhältnisse umgerechnete Entfernung in Metern. Will man sie zu Pferde benützen, so hängt man sie am Vorderzeuge der Tiere an und bestimmt auf abgemessenen Strecken die entsprechenden Zahlen für Schritt, Trab und Galopp. Die Instrumente werden dabei sehr stark mitgenommen, so dafs man sich bei längeren Reisen mit Reservestücken ausrüsten mufs.

§ 2. **Marschzeit.**

Eines der wichtigsten Mittel des Forschungsreisenden, um die zurückgelegte Entfernung zu messen, ist die Marschzeit, wenn damit eine sorgfältige Schätzung der Geschwindigkeit verbunden wird. Letztere wird ganz von den Verhältnissen abhängen. Die Ermittlung ihres Durchschnittswertes kann, falls sie nicht zu sehr wechselt, durch direkte Breitenbestimmung geschehen, wenn ein Teil des Weges in nahezu meridionaler Richtung führt. Sucht man nämlich das mit Hilfe eines vorläufig angenommenen Geschwindigkeitswertes gezeichnete oder gerechnete Itinerar zwischen die zwei astronomisch bestimmten Punkte einzupassen, so ergibt sich ohne weiteres der Reduktionsfaktor für die angenommene Geschwindigkeitszahl. Die Breite kann man leicht auf $^1/_8$ bis $^1/_4$ Minute genau bestimmen; da nun einer Breitenminute 1,85 km entsprechen, so bekommt man durch Breitenbestimmungen die Entfernung bis auf etwa $^1/_2$ km: das gibt bei einer Strecke von 25 km einen Fehler von 2 %. Kann man von diesem Mittel keinen Gebrauch machen, so empfiehlt es sich, eine Strecke von 1—2 km mit Mefsband oder Stahldraht durch vorausgeschickte Leute messen zu lassen oder durch Triangulation zu bestimmen und aus der entsprechenden Marschzeit die Geschwindigkeit abzuleiten; auch das nachher zu besprechende Mefsrad kann Verwendung finden.

Die Geschwindigkeit eines Fufsgängers beträgt auf gebahnten Wegen 5 bis 5.5 km in der Stunde. Höhnel legte den Konstruktionen seiner ostafrikanischen Itinerare in 1 : 100 000 folgende Mafse zugrunde:

	In der Minute	Länge auf der Zeichnung	Daher Geschwindigkeit i. d. Stunde
Langsam	33 Schritte	0.25 mm	1.5 km
Langsamer Karawanenschritt	49 „	0.33 „	2.0 „
Karawanenschritt	65 „	0.50 „	3.0 „
Guter Karawanenschritt . .	77 „	0.59 „	3.5 „
Ziemlich schnell	90 „	0.70 „	4.2 „
Schnell	110 „	0.87 „	5.2 „

Für Kamelkarawanen fand Jordan 4.0 km in der Stunde. Für Maultierkarawanen fand ich in Matto Grosso selten mehr als 4.1 km in der Stunde; Maultiere, geritten, legen nach Th. Fischer in Marokko 5.5 km in der Stunde zurück. Reitkamele ebensoviel. Zu Pferde kann man bei flottem Schritte 6 km in der Stunde rechnen. Der Ochsenwagen legt in Südwestafrika etwa 4.6 km in der Stunde zurück.

§ 3. Meſsrad.

Zur Messung der Wegelängen kann man sich auch des Rades bedienen. Es gibt eigne Meſsräder, die zum Schieben durch einen Mann eingerichtet und mit einem Zählwerke versehen sind, das die Zahl der Umdrehungen oder der zurückgelegten Meter unmittelbar angibt. Wer die Unkosten eines richtigen Meſsrades scheut, kann sich wohl ein Velozipedrad mit einem Zählwerke versehen, in eine Gabel fassen und durch einen Mann bewegen lassen. Es scheint mir dabei besser, wenn dieser, in der Gabel gehend, das Rad zieht, als wenn er es schiebt. Es ist von besonderer Wichtigkeit, daſs die Ebene des Rades immer vertikal bleibt. Aus diesem Grunde liefert da, wo die Reise mit dem Wagen gemacht wird, die durch ein Zählwerk bestimmte Umdrehungszahl eines Wagenrades besonders gute Werte für die Wegelänge, bessere, als sie ein einzelnes Meſsrad gibt. Wo das Fahrrad verwendet werden kann, kann man gewiſs auch auf diese Weise brauchbare Längen erhalten, wenn man die Reifen stets gut aufgepumpt hält. In allen Fällen ist der Wert einer Raddrehung nicht aus dem Durchmesser zu berechnen, sondern an abgemessenen Strecken bei verschiedener Bodenbeschaffenheit zu bestimmen. (Vergl. Fergusons Instrumente, Seite 101.)

§ 4. Meſsband.

Am sichersten und einfachsten miſst der Reisende Entfernungen mit einem Stahlmeſsband von 20 — 50 m Länge. Dasselbe wird entweder mit durch die Endringe gesteckten Ziehstäben oder direkt mit Handgriffen gespannt. In jedem

Falle sollten die Endringe durch Wirbel drehbar sein. Für Messungen von geringerer Genauigkeit kann auch ein Band aus Stoff mit eingewebten Drähten benutzt werden, wenn es häufig kontrolliert wird. Die zu messende Linie wird in Abschnitten von 50—100 m durch Fluchtstäbe abgesteckt. Der hintere Mann *A* bringt den Anfangspunkt des Bandes auf den Anfangspunkt der zu messenden Linie und weist den vorausgehenden *B* in diese ein; letzterer bezeichnet, wenn das Band richtig gespannt ist, sein Ende durch einen Nagel, der im Bedarfsfalle noch durch einen Zweig usw. kenntlich gemacht wird. Nun legt *A* sein Ende am Nagel an, weist *B* wieder ein usw. und nimmt beim Weitergehen den Nagel mit sich. Die Zahl der Nägel, die *A* am Ende der Messung hat, gibt die Zahl der Bandlängen an. Ist das Meſsband nur in Dezimeter geteilt, so wird das letzte Stückchen mit dem Taschenmaſsstabe bestimmt. Ist man genötigt, eine Strecke ohne Gehilfen abzumessen, so richtet man sich zunächst einen Hilfspunkt (Stab, Stein auf einem Stück Papier usw.) in der Rückwärtsverlängerung der Strecke ein; dann schlägt man am Anfangspunkt der Strecke einen Nagel in den Boden, legt den Ring des Meſsbandes darum, bringt den Endpunkt des gespannten Bandes durch Zielung über den Anfangspunkt und dem Hilfspunkt in die zu messende Strecke und markiert ihn wieder durch einen Nagel. Nun wird der erste Nagel herausgezogen, der Ring um den zweiten gelegt und in gleicher Weise weitergemessen. Im Resultate muſs natürlich die Länge zwischen dem Nullpunkte des Meſsbandes und der Mitte des Nagels entsprechend berücksichtigt werden. Sind die einzelnen Meſsbandlagen nicht wagerecht, so hat man mit Hilfe eines Gefällmessers, als welchen man hier auch einen Gradbogen auf Pappe mit Senkel benützen kann, die Neigungen zu messen. Dies geschieht, wenn man ohne Ziehstäbe arbeitet, am einfachsten dadurch, daſs sich die beiden Bandzieher gerade stellen und der eine mit dem Gefällmesser nach einem seiner Augenhöhe entsprechenden Punkt seines Gehilfen zielt. Ist l die zu reduzierende Strecke, α ihr Neigungswinkel, so ist die auf dem Horizont reduzierte Strecke $x = l \cos \alpha$ oder $x = l - \frac{h^2}{2l}$, wenn h den Höhenunterschied der Endpunkte bezeichnet. Die Reduktion kann auch dadurch erhalten werden, daſs man den Höhenunterschied mit dem Aneroid miſst.

Handelt es sich um genaue Messungen, z. B. für eine Basis, so wird man die zu messende Strecke zuerst durch eine gespannte Schnur bezeichnen und bei einer vorläufigen Messung

die Punkte, an welche die Enden des Bandes zu liegen kommen, durch einen eingeschlagenen Pflock oder Stein oder sonstwie bezeichnen. Bei der eigentlichen Messung wird dann die Endmarke des Bandes auf dem Pflocke durch einen Bleistiftstrich senkrecht zur Bandrichtung gemarkt. Das Band mufs dann stets gleich stark gespannt sein (7—10 kg); es kann dies dadurch kontrolliert werden, dafs man am Ende eine der für 50 Pfennige käuflichen Federwagen anhängt. Natürlich ist auch die Temperatur des Mefsbandes zu berücksichtigen, was insbesondere beim Gebrauch in tropischer Sonne nicht leicht ist. Daher soll seine Länge womöglich bei der Temperatur und der Spannung, unter der es benützt wird, geeicht werden. Man erhält natürlich auch verschiedene Werte für die Länge, je nachdem man das Band ganz auf dem Boden aufliegend, teilweise aufliegend oder ganz frei durchhängend benutzt. Letztere Art ist da, wo der Boden nicht eben ist, am meisten zu empfehlen. Bei einem Mefsbande, welches um den Betrag h durchhängt, ist die wagerechte Entfernung der Endpunkte $x = l - \frac{8\,h^2}{3\,l}$. Für Messungen gröfserer Strecken dürften Stahldrähte ganz besonders zu empfehlen sein, da Stahlbänder sehr leicht abreifsen. Über die von Benoit und Guillaume in Paris verwendeten Drähte aus Nickelstahl „Invar“ vergleiche man das Referat in der Zeitschrift für Vermessungskunde, 1904, S. 340. Sie benützten Drähte von 1,65 mm Dicke und 24 m Länge bei einer Spannung von 10 kg; wiederholte gröfsere Spannungen brachten noch keine wahrnehmbare Dehnung hervor, solange sie unter 40 kg blieben. Der Draht ist so aufzuwinden, dafs der entstehende Ring immer den Durchmesser hat, welchen ihm der Fabrikant gab.

Um Mefsbänder und Nivellierlatten usw. nachmessen zu können, sollte ein gut ausgerüsteter Reisender zwei Kontrollmeter mit Schneiden an den Enden haben. Einen einfachen hölzernen zusammenlegbaren Meterstab, welcher sorgfältig verglichen ist, soll jeder in der Tasche mit sich führen.

§ 5. **Entfernungsmesser.**

Die direkte Abmessung einer Strecke liefert die genauesten Resultate und führt, wo es sich nur um einige oder wenige Strecken handelt, auch am raschesten zum Ziel. Bisweilen aber sind, wie im Hochgebirge, Hindernisse im Gelände, oder es sind, wie bei topographischen Aufnahmen in grofsem Mafsstabe sehr viele Längen von einem Punkte aus einzumessen.

Da kann es nützlich sein, die zu messende Länge AB als Seite eines Dreiecks ABC zu bestimmen, von welchem eine zweite Seite BC, die „Basis“ und die erforderlichen Winkel bekannt sind, beziehungsweise gemessen werden.

Die zahlreichen Instrumente, welche man erfunden hat, um die erforderlichen Stücke auf möglichst einfache Weise und mit einem Mindestaufwand von Rechnung zu finden, heifsen Entfernungsmesser. Je nachdem die Basis am Ziele oder beim Beobachter ist, unterscheidet man Entfernungsmesser mit und ohne Latte. Die letzteren werden zumeist bei der Entfernungsmessung für militärische Zwecke gebraucht; von den zahlreichen Konstruktionen, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann, können sicher auch einzelne seitens des Forschungsreisenden Verwendung finden; wo z. B. zwei Beobachter zusammen arbeiten, liefert der Tesdorpfsche Entfernungsmesser mit einer durch einen gespannten Draht von 25 m Länge gegebenen Basis sehr brauchbare Resultate. Auch der — leider etwas schwere — stereoskopische Entfernungsmesser von Zeifs wäre hier zu erwähnen. In England wurde der Entfernungsmesser von Barr & Stroud lebhaft empfohlen (Engineering, 1896, S. 232 und 264, Referat v. Hammer, Zeitschrift f. Instr., 1896, S. 249).

Meistens sind Distanzmesser mit Latte im Gebrauch. Die für sie mafsgebenden Gesichtspunkte sind folgende:

Ist das gleichschenklige Dreieck sehr langgestreckt, also ε sehr klein, so kann man die Seite $BC = l$ mit dem ent-

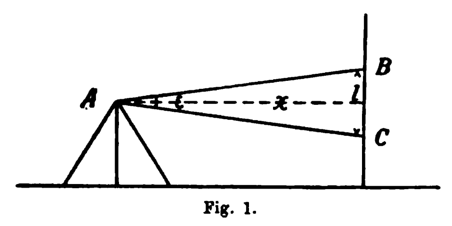


Fig. 1.

sprechenden Bogen eines Kreises vom Halbmesser x verwechseln und also

$$l = x \text{ arc } \varepsilon = x\,\varepsilon^0 \frac{\pi}{180^0} = \frac{x\,\varepsilon^0}{\varrho^0}$$

setzen; daraus ergibt sich

$$x = \frac{l\varrho^0}{\varepsilon^0}\,\varrho^0 = \frac{l\varrho'}{\varepsilon'}\,\varrho' = \frac{l\varrho''}{\varepsilon''}\,\varrho'', \text{ wobei } \varrho^0 = \frac{180^0}{\pi} = 57.2978^0,$$

$$\varrho' = 60 \cdot \varrho^0 = 3437.75 \text{ und } \varrho'' = 60 \cdot \varrho' = 206265'' \text{ ist.}$$

Je nachdem nun l konstant und ε veränderlich ist, oder umgekehrt, unterscheidet man Distanzmesser mit konstanter und

Distanzmesser mit veränderlicher Lattenlänge; bei den Instrumenten der letzteren Art wählt man ε gewöhnlich so, dafs $\varrho'' : \varepsilon'' = k = 100$ wird, woraus sich $\varepsilon'' = 2063'' = 34' \, 23''$ ergibt. In dieser Weise ist der Reichenbachsche Fadendistanzmesser eingerichtet, mit welchem das Fernrohr des Theodolites versehen sein sollte. Es sind zwei zum horizontalen Mittelfaden parallele Fäden in der dem Winkel $34' \, 23''$ entsprechenden Entfernung eingezogen; der Beobachter stellt sein Instrument zentrisch über den Anfangspunkt der zu messenden Linie und liest auf einer am Endpunkt vertikal aufgestellten Latte die Länge l ab, welche zwischen den beiden äufseren Parallelfäden im Fernrohr liegt; dann ist die gesuchte Entfernung $x = c + kl$; dabei bedeutet k die Multiplikationskonstante, gewöhnlich 100, und c die Additionskonstante; letztere ist gleich dem Abstande des äufseren Brennpunktes des Objektives von der Horizontalachse des Fernrohres, also gleich der Summe aus der Brennweite des Objektives und dem Abstande der Objektivmitte von der Drehachse des Fernrohres; sie ist bei anallaktischen Fernrohren gleich Null und kann bei den Reiseinstrumenten mit kurzem Fernrohre gewöhnlich vernachlässigt werden, so dafs die Entfernung $x = kl$ ist.

Ist die Zielrichtung schief, so dafs die durch den Mittelfaden bestimmte Fernrohrachse mit der Horizontalen den

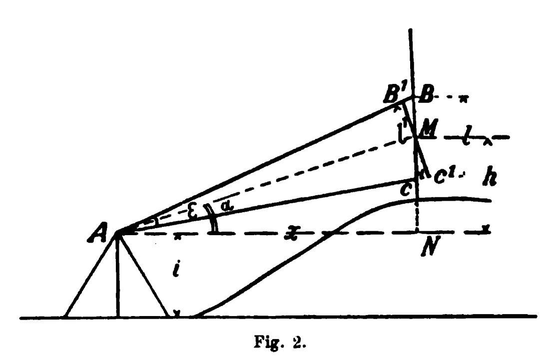


Fig. 2.

Winkel $MAN = \alpha$ bildet, so ergibt sich aus der zwischen den beiden äufseren Fäden auf der vertikalen Latte abgelesenen Länge $BC = l$ die zur Ziellinie senkrechte Lattenlänge $B' \, C' = l'$ genügend genau durch die Gleichung $l' = l \cos BMB' = l \cos \alpha$; es ist daher $AM = kl' = kl \cos \alpha$ und die gesuchte Horizontalentfernung $AN = AM \cos \alpha = kl \cos^2 \alpha$. Bezeichnet $h = MN$ die Höhe des vom Mittelfaden gedeckten Punktes M der Latte

über der Horizontalen durch die Kippachse des Fernrohres, so ist $h = AN \operatorname{tang} \alpha = kl \sin \alpha \cos \alpha$, also

$$h = \tfrac{1}{2} kl \sin 2\alpha.$$

Wer viele Entfernungen und Höhen auf diese Weise zu berechnen hat, bedient sich dazu zweckmäſsig der Hilfstafeln für Tachymetrie von Jordan. Als Latte kann man, wenn man keine eigentliche Distanzlatte hat, eine Nivellierlatte benützen, an welcher man eine Zielscheibe von 5—10 cm Durchmesser in derselben Höhe über dem unteren Ende (als Zielpunkt M) anbringt, welche die Horizontalachse des Fernrohres über dem Boden hat.

Mit einem Fernrohr von geringer Vergröſserung kann man mittels des Fadendistanzmessers nur geringe Entfernungen messen. Daher ist bei manchen Reisetheodoliten das Fernrohr mit einer Distanzschraube (Tangentialschraube) versehen, d. h. es kann mittels einer feinen, mit Trommelteilung versehenen Schraube, deren Umdrehungszahl an einer Skala abgelesen werden kann, um seine Horizontalachse gedreht werden. Kennt man den Winkelwert eines Trommelteiles, so kann man durch Einstellung von zwei Zieltafeln, welche im Abstande l voneinander an einer vertikalen Latte befestigt sind, den Abstand der Latte nach der Formel $x = \frac{l\varrho}{\varepsilon}$ (Seite 81) bestimmen. Bei den Hildebrandschen Reisetheodoliten ist das Verhältnis so gewählt, daſs die Entfernung $x = \frac{10000}{n}$ Meter ist, wenn einer Bewegung des Mittelfadens über 1 m Latte n Trommelteile entsprechen. Ist die Zielrichtung nach der Mitte beider Tafeln schief unter dem Winkel α gegen den Horizont, so ist $x = \frac{10000}{n} \cos^2 \alpha$. Es empfiehlt sich für derartige Messungen die Verwendung eines Basisbandes, wie es Hildebrand seinen Theodoliten beigibt. Es besteht aus einem Stahlbande, welches an einer Stange straff gespannt werden kann und von Meter zu Meter gelocht ist, so daſs man zwei Zieltafeln aufstecken kann, welche in die Lochung einschnappen.

Von Wichtigkeit ist bei all diesen Messungen, daſs die Zieltafeln möglichst weit, mindestens zwei Meter, voneinander entfernt sind, und daſs die untere mit Rücksicht auf die Strahlenbrechung wenigstens 1 m über dem Boden ist. Die Latte muſs mittels eines daran befestigten Senkels oder einer Dosenlibelle genau vertikal und möglichst ruhig ge-

halten werden; befindet sie sich nicht in der Vertikalebene der Ziellinie, so sieht dies der Beobachter am Vertikalfaden.

Hat der Theodolit Repetitionseinrichtung oder eine der vorigen ähnliche Tangentialschraube am Horizontalkreise, so kann man die Meſslatte mit Zieltafeln auch in horizontaler Lage verwenden; sie erhält dann, wie Figur 3 zeigt, auf der Seite der Zieltafeln einen metallenen Bügel mit Scharnieren in Gestalt eines gleichschenkeligen Dreieckes derart, daſs die

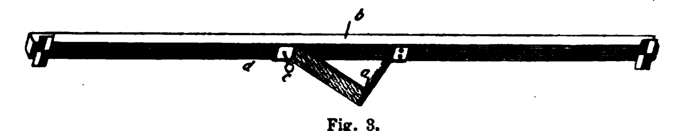


Fig. 3.

Verbindungslinie der Spitze a des Dreieckes mit der Mitte b der Latte, die durch je einen überstehenden Stift markiert sind, senkrecht zur Latte steht. Beim Transport wird der Bügel links bei c losgeschraubt, gestreckt und dann bei d wieder festgeschraubt. Die Latte wird von einem Gehilfen am Endpunkte der zu messenden Strecke horizontal so aufgestellt, daſs die Linie ba nach dem Beobachter im Anfangspunkte der Strecke gerichtet ist. Wird nun der Winkel ε, unter welchem die Entfernung l der beiden Zieltafeln erscheint, gemessen, so ist die gesuchte Entfernung $x = \frac{l}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} = \frac{l \varrho''}{\varepsilon''}$.

Diese Methode hat den Vorzug, daſs der Beobachter die wagrechte Stellung der Latte am Horizontalfaden und den rechten Winkel an der zu messenden Strecke durch die Deckung der beiden Spitzen a und b kontrollieren kann.

Wenn eine gröſsere Strecke, z. B. 1 km, mit Hilfe des Distanzmessers gemessen werden soll, so zerlegt man sie in eine Anzahl ungefähr gleicher Teile und miſst jeden einzelnen von der Mitte aus durch Zielungen nach seinem Anfangs- und Endpunkt[1]).

---

[1]) Die Verwendung der horizontalen Latte zu Basismessungen von höherer Genauigkeit wurde für koloniale Zwecke empfohlen in den Abhandlungen: „Beschreibung des Basismeſsverfahrens mittels horizontaler Distanzlatte“ von H. Böhler und „Eine Erweiterung des Böhlerschen Basismeſsverfahrens“ von Kapitänleutnant Kurtz, beide in v. Danckelmans Mitteilungen, XVIII. Bd. 1895. Obwohl beide Methoden die Basismessung vom Gelände in hohem Maſse unabhängig machen, dürften sie wegen der vielen dazu notwendigen Instrumente und der umständlichen Rechnungen wohl nur selten Anwendung finden.

II. Winkelmessung.

§ 6. Kompafs.

Eine Richtung wird durch ihr Azimut, d. h. durch den Winkel, welchen sie mit der Nordrichtung bildet, bestimmt. Man zählt das Azimut in der Richtung der Uhrzeigerbewegung, von Norden über Osten herum von 0—360°. Zur Richtungsbestimmung dient im allgemeinen der Kompafs. Bei seiner Benutzung ist sorgfältig acht zu geben, dafs er nicht durch in der Nähe befindliches Eisen beeinflufst wird. Der Beobachter hat deshalb besonders Waffen, stählerne Brillengestelle und Uhrketten, Messer, Werkzeuge und dergl. abzulegen und darauf zu achten, dafs auch keiner der in der Nähe stehenden Gehilfen solche bei sich hat. Das Gehäuse des Kompasses soll eisen- und nickelfrei, daher auch nicht vernickelt sein. Die Nadel soll die Form einer dünnen, hochkantig stehenden Lamelle mit schneidenförmigen Enden haben, da sie dann infolge des Luftwiderstandes rasch zur Ruhe kommt und grofse Richtkraft besitzt. Ein kleines Schieberchen auf der Lamelle ermöglicht die Ausgleichung der Inklination. Die Spitze der Pinne, auf welcher sich die Nadel dreht, mufs aufs feinste geschliffen und genau im Mittelpunkte der Teilung sein.

Zur Prüfung der Empfindlichkeit lenkt man die Nadel wiederholt aus ihrer Ruhelage ab; sie mufs dann immer wieder auf denselben Punkt zurückkehren. Zur Erhaltung der Schärfe der Spitze mufs die Nadel nach dem Gebrauche durch die Sperrvorrichtung von der Pinne abgehoben werden; dagegen soll man sie bei längerer Nichtbenutzung und Aufbewahrung an einem Orte schwingen lassen, damit die Richtkraft nicht leidet.

Zur Feststellung der Wegrichtung dient gewöhnlich ein Taschenkompafs, ein einfaches Instrumentchen von 3—6 cm Durchmesser. Die Teilung soll von Nord über Ost von 0—360° herumlaufen; es genügt, wenn sie von 10 zu 10° ausgeführt ist, und wenn nur die Hauptstriche N, S, O, W angegeben sind. Der Pfeil, welcher häufig 10° westlich vom Nullpunkte angebracht ist, und zur Ausschaltung der Mifsweisung dienen soll, ist unnötig und darf nicht verwendet werden, da die Mifsweisung von Ort zu Ort wechselt. Die Sperrvorrichtung soll durch Verschiebung mit dem Daumen bequem ein- und ausschaltbar sein.

Will man eine Peilung vornehmen, so hält man den Kompafs horizontal vor sich, so dafs das blaue Ende der Nadel auf Null einspielt, zielt dann in der zu bestimmenden Richtung über die Mitte der Nadel und liest die entsprechende Ziffer der Teilung ab. Die Methode erscheint auf den ersten Blick

sehr roh; man wird sich aber nach einigen Versuchen überzeugen, dafs man damit auf 5—10° genau peilen kann, und das reicht für flüchtige Aufnahmen meist aus. Bedenkt man, dafs man dieses Verfahren zu Pferd oder Kamel, zu Wagen, zu Schiff, während des Gehens, kurz überall anwenden kann, wo alle andern Mittel den Dienst versagen, so wird man es bei fortgesetzter Beschäftigung mit flüchtigen Aufnahmen hauptsächlich anwenden und durch Übung auszubilden suchen.

Manche ziehen es vor, einen Kompafs mit rechteckiger Fassung zu verwenden, die der Nord-Südrichtung parallele Seite in die zu peilende Richtung zu bringen und dann den Teilstrich, auf welchen das Nordende der Nadel einspielt, abzulesen. In diesem Falle mufs die Teilung von Nord über West laufen, damit die abgelesene Zahl sofort das von Nord über Ost gezählte Azimut liefert. Im Feldbuche soll jeder Reisende Skizzen seiner Kompasse einzeichnen, aus denen man die Art der Teilung ersehen kann.

Sollen Richtungen bis auf einen Grad genau gemessen werden, so verwendet man einen Peilkompafs, d. h. einen Kompafs, der mit einer Dioptervorrichtung versehen ist. Figur 4 stellt einen solchen dar, der beim Gebrauche auf einen etwa 1.5 m langen Stock mit Metallspitze gesteckt wird. Die Teilung läuft gegen den Uhrzeiger von 0—360°. Statt des Fadens bei *B* hat sich eine Glasplatte mit eingeritztem Striche sehr bewährt. Um eine Richtung zu peilen, dreht man den wagrecht gestellten Kompafs, bis man, durch den Schlitz sehend, den Faden vor dem zu peilenden Punkte hat, und liest dann die Stellung des Nordendes oder, bei höherer Genauigkeit, beider Nadelenden ab. Bedeuten in letzterem Falle n und s die Ablesungen der Nord- bezw. Südspitze der Nadel, so ist das magnetische Azimut der Richtung

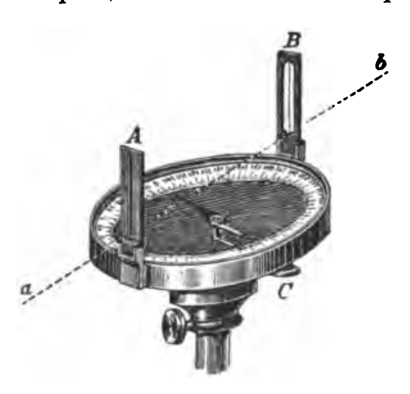


Fig. 4.

$$\frac{n + s + 180^\circ}{2}, \text{ wenn } n > s \text{ und } \frac{n + s - 180^\circ}{2}, \text{ wenn } n < s$$

ist. Vor jeder Ablesung ist leicht auf das Deckelglas zu klopfen.

Seit einiger Zeit verfertigt A. Meifsner in Berlin einen Fluidkompafs, welcher in freier Hand benutzt oder mittels einer unten angebrachten Hülse auf einem Stock befestigt werden kann. Er hat eine rechteckige Form (9.1 × 10.4 cm), eine Höhe von 2.7 cm und ein Gewicht von 600 g, mit Aufsteckhülse und Etui von 800 g. (Preis 100 Mk.) (Figur 5.) Die 5.5 cm lange Nadel ist mit zwei beiderseits 1 cm entfernten Röhrchen verbunden, welche in der Füllflüssigkeit



Fig. 5.

so viel Auftrieb liefern, dafs die Nadel nur mit minimalem Gewicht auf der Pinne ruht. Die gegen die Uhrzeigerrichtung laufende Teilung ist (im Gegensatz zur Anordnung bei den Fluidkompassen auf Schiffen) fest im Gehäuse. Der Linie 0—180° entspricht die Richtung der Diopter, welche an zwei gegenüberliegenden Seiten des Gehäuses umgelegt werden können. Das Instrument ist wegen der Schnelligkeit und Sicherheit, mit welcher sich die Nadel einstellt, sehr empfehlenswert, zumal, da es zu Freihandpeilungen auch zu Pferd benutzt werden kann. In den afrikanischen Kolonien hat es sich in den letzten Jahren sehr bewährt.

Eine andre Art des Peilkompasses ist die Schmalkalder

Bussole oder Prismenbussole. Bei ihr ist die aus Aluminium gefertigte und in der Uhrzeigerrichtung geteilte Rose mit der Nadel fest verbunden und hat am Südpol den Nullpunkt der Bezifferung. Mit Hilfe einer am Diopterschlitz befestigten Prismenlupe kann man die Peilung ablesen, wenn der Diopterfaden auf den zu peilenden Punkt gerichtet ist. Die Schmalkalder-Bussole hat den Vorteil, dafs man damit aus freier Hand ungefähr auf 1° genau peilen kann; trotzdem kann ich sie nach meinen Erfahrungen ebensowenig wie Jordan empfehlen. Die Methode, aus aufeinanderfolgenden Schwingungen die Ruhelage abzuleiten, liefert bei einem in freier Hand gehaltenen Instrumente keine günstigen Resultate; da nun aber bei den langsamen Schwingungen der mit der Rose belasteten Nadel viel Zeit vergeht, bis letztere zur Ruhe kommt, so bringt, zumal bei mehreren Peilungen, die Verwendung der Prismenbussole gegenüber der Stockbussole keinen Zeitgewinn, während die Ablesungen bei ersterer entschieden unsicherer sind.

Bei Peilungen mittels Diopters kommt es in gebirgigem Gelände nicht selten vor, dafs man einen Punkt, weil er zu tief oder zu hoch liegt, im Diopter nicht sehen kann. In diesem Falle macht man vom Abloten Gebrauch; man bringt zwischen Auge und Punkt einen Senkel oder einen vertikal schwebend gehaltenen Stab und sucht sich im Gelände einen dahinter gelegenen Punkt, der im Diopter sichtbar ist; sollte kein solcher vorhanden sein, so läfst man in der betreffenden Richtung durch einen Gehilfen irgendeine Marke (Pflock, Stein auf einem Blatt Papier) anbringen und peilt dann diese.

§ 7. Mifsweisung der Magnetnadel.

Bekanntlich fällt die Richtung der magnetischen Achse der Nadel nicht in den Meridian; der Winkel, welchen die magnetische Nord-Südlinie, der magnetische Meridian, mit dem astronomischen Meridian bildet, heifst die Deklination oder Mifsweisung der Magnetnadel. Sie ändert sich von Ort zu Ort und unterliegt säkularen und täglichen Schwankungen. Ihre Mittelwerte für bestimmte Zeitpunkte sind auf den nach v. Neumayers Entwurf vom Reichsmarineamt herausgegebenen Karten „Linien gleicher magnetischer Deklination“ oder in Berghaus' physikalischem Atlas gegeben. Da diese Karten aber den Verlauf der Linien nur in grofsen Zügen darstellen, und da Abweichungen von den Mittelwerten infolge von lokalen Einwirkungen durch Gesteine (altes Massengestein und junges Eruptivgestein) und besonderen tektonischen Verhältnissen gar nicht selten sind, mufs der Reisende imstande sein, die Mifs-

weisung selbst zu bestimmen. Am zweckmäfsigsten geschieht dies mit Hilfe des Theodolits; man stellt ihn in *A* auf und bestimmt das astronomische Azimut *a* eines entfernten Punktes *B*; dann peilt man mit Hilfe des Kompasses von *A* aus den Punkt *B* und erhält dadurch das magnetische Azimut *m* von *B*; die Differenz *a—m* beider Azimute gibt dann die Mifsweisung, einschliefslich des Kollimationsfehlers des Kompasses, d. h. des Winkels, welchen die Diopterlinie des Kompasses mit der Linie 0—180° der Teilung bildet. Die Mifsweisung ist östlich, d. h. der Nordpol der Nadel ist östlich vom astronomischen Meridian, wenn *a—m* positiv, westlich, wenn *a—m* negativ ist. Am bequemsten gestaltet sich die Beobachtung, wenn der Theodolit mit einer Bussole versehen ist, oder wenn eine solche auf seine Horizontalachse aufgesetzt werden kann. Die Bestimmung des astronomischen Azimuts, wozu der Polarstern auf der nördlichen Halbkugel besonders geeignet ist, lehrt die Abhandlung von Prof. Ambronn, Seite 71.

Ist man genötigt, die Mifsweisung des Kompasses ohne Theodolit zu bestimmen, so kann man dazu den Polarstern in seiner oberen oder unteren Kulmination benutzen. Da sich die geraden Aufsteigungen des Polarsternes und des Sternes χ (Mizar) im Grofsen Bären (des mittleren im Schwanze) nahezu um 12^h unterscheiden, so ist der eine in der oberen Kulmination, wenn der andre in der untern ist. Beobachtet man also an einer senkrechten Linie, z. B. an einem Lot oder an einer Hauskante, den Zeitpunkt, an welchem beide Sterne im gleichen Vertikal sind, und sichert die betreffende Richtung dadurch, dafs man mittels einer Laterne einen Pflock in einiger Entfernung vom Lote einweist, so hat man die Nord-Südlinie; peilt man diese am andern Tag, so erhält man die Mifsweisung des Kompasses. In einer beliebigen Stellung aufserhalb des Meridians hat der Polarstern ein Azimut, welches für jede Stunde Orts—Sternzeit in Tafel I des Nautischen Jahrbuches gegeben ist; sein gröfster Betrag hängt von der geographischen Breite φ ab, nach der Formel $\sin a = \frac{\cos \delta}{\cos \varphi}$; die folgende Tafel gibt *a* für 1906, wo seine Deklination $\delta = +88^\circ 48{,}3'$ ist.

Breite	0°	30°	40°	50°	60°
Gröfste Ausweichung	1° 12′	1° 23′	1° 34′	1° 51′	2° 23′

In den Tropen geht die Sonne so steil auf und unter, dafs man bei einigermafsen freiem Horizont durch Peilung des Auf- und Unterganges und Mittelbildung ein leidliches Resultat erhalten wird. Ergab z. B. bei einer Peilung mittels des Stockkompasses die Sonne

beim Aufgang das Azimut 117.4°
beim Untergang 257.0°
so ist das Mittel $m = 187.2°$ das magnetische Azimut des Südpunktes.

Da das astronomische Azimut desselben $a = 180.0°$ ist, so ist die Mifsweisung $a—m = — 7.2°$, d. h. 7.2° westlich. Durch Wiederholung des Verfahrens an mehreren Tagen kann man im Mittel wohl auf eine Genauigkeit von 0.1° kommen, hat aber zu beachten, dafs nur zur Zeit der Solstitien das genaue Mittel aus der Aufgangs- und Untergangspeilung die Südlinie gibt, und dafs wegen der stetigen Änderung der Sonnendeklination noch eine kleine Korrektion anzubringen ist, welche den Betrag von $\pm$ 0,15° erreichen kann.

Kann man nur den Aufgang oder den Untergang des Gestirnes beobachten, so kann man aus seiner Deklination δ und aus der Breite φ des Beobachtungsortes das astronomische Azimut a' (auf der nördlichen Halbkugel vom Südpunkte, auf der südlichen vom Nordpunkte aus gezählt) genügend genau berechnen durch die Formel

$$\cos a' = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}.$$

Wäre z. B. die vorige Peilung des Sonnenunterganges unter der Breite $\varphi = + 25° \; 11'$ bei einer Sonnendeklination $\delta = — 18° \; 10'$ angestellt worden, so ergibt sich aus

$$\cos a' = -\frac{\sin(-18° \; 10')}{\cos 25° \; 11'}, \quad a' = 69° \; 51';$$

dann wäre das astronomische Azimut vom Nordpunkte ab über Ost gezählt $a = a' + 180° = 249.85°$. Da nun $m = 257.0°$ war, ergibt sich die Mifsweisung $a-m = — 7.15°$ oder rund 7.2° westlich. Das Sonnenazimut bei irgendwelcher Tageszeit läfst sich auch berechnen und kann in manchen Fällen benutzt werden. Die Tageszeit müfste allerdings selbst wieder astronomisch bestimmt werden; indessen kann man sich dazu ebenfalls der auf- und untergehenden Sonne bedienen, wie zu den korrespondierenden Kompafsablesungen. Man schreibt einfach die Zeiten für den Aufgang und Untergang der Sonne nach der Taschenuhr auf und nimmt das Mittel für den wahren Mittag. Sogar nur die Notierung des Auf- oder Unterganges kann zur Zeitbestimmung dienen, wie folgende Notiz aus Professor Aschersons Tagebuch auf dem Wege von Dachel nach Farafrah zeigt: „20. Febr. 1874, $6^h \; 42^m$ Sonnenaufgang ziemlich aus der Ebene“. Die Breite war $\varphi = 26° \; 25'$,

die Sonnendeklination $\delta = -10^{0}\ 57'$; damit berechnet man den Stundenwinkel t der aufgehenden Sonne aus der Gleichung

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta},$$

wo $h = -0^{0}\ 35'$ zu setzen ist, als wahrer Höhenwinkel des durch Refraktion scheinbar gehobenen Sonnenmittelpunktes. Die Rechnung ergibt $t = 85^{0}\ 4' = 5^{h}\ 40^{m}$, von Mittag ab gezählt, d. h. hier $6^{h}\ 20^{m}$, von Mitternacht ab gezählt. Wenn die Uhr $6^{h}\ 42^{m}$ zeigte, so ging sie $0^{h}\ 22^{m}$ vor, oder sie verlangte eine Standkorrektion von $-0^{h}\ 22^{m}$ gegen wahre Zeit. Um den Augenblick der Beobachtung in mittlerer Zeit zu erhalten, käme noch die Zeitgleichung mit $+ 14^{m}$ hinzu; es wäre also $6^{h}\ 20^{m} + 14^{m} = 6^{h}\ 34^{m}$; daraus würde sich eine Uhrkorrektion von -8^{m} gegen mittlere Zeit ergeben.

Übrigens interessiert uns in solchen Fällen gerade die wahre Zeit. Aus dem Stundenwinkel der Sonne (wahre Zeit) kann man das Azimut berechnen durch die Gleichung

$$\operatorname{cotg} a = \operatorname{cotg} t \sin \varphi - \frac{\operatorname{tg} \delta \cos \varphi}{\sin t}.$$

Dieses Verfahren, Azimute zu bestimmen, kann von Nutzen sein, wenn man eine richtig gehende Uhr, aber keinen Kompafs bei sich hat. Wenn dann etwa ein Punkt in der Schattenrichtung selbst liegt, so braucht man nur die Zeit dazu aufzuschreiben, um eine sehr gute Peilung berechnen zu können. Oder man kann auch Notizen haben wie diese: Sonnenuntergang zwei Faustwinkel rechts vom Punkte P; dann rechnet man zwei Faustwinkel $= 20^{0}$ und kann damit das Azimut P berechnen.

§ 8. **Theodolit.**

Für genaue topographische Aufnahmen ist der Theodolit das wichtigste Instrument. Will der Reisende zugleich astronomische Ortsbestimmungen machen, so wird er ein Instrument wählen, dessen Höhenkreis ebenso fein, besser aber feiner geteilt ist als der Horizontalkreis. Das Fernrohr kann zentrisch oder exzentrisch angebracht sein; die letztere Einrichtung wird man vorziehen, wenn das Schwergewicht auf astronomische Ortsbestimmung gelegt wird; die erstere ist dagegen für topographische Messungen angenehmer. Jedenfalls soll der Theodolit mit zentrischem Fernrohre so eingerichtet sein, dafs letzteres ohne Verstellung des Okularauszuges durchzuschlagen ist und ein prismatisches Okular für Beobachtung

kleiner Zenitdistanzen besitzt. Für Reisende, welche keine Beobachtungen von hoher Präzision vornehmen, wird es in den meisten Fällen genügen, wenn der Horizontalkreis 1', der Vertikalkreis aber 20" bis 30" mit Hilfe von je zwei einliegenden (nicht aufliegenden) Nonien abzulesen gestattet; dazu reichen Kreisdurchmesser von 8 bis 10 cm aus.

Um die magnetische Mifsweisung und magnetische Azimute messen zu können, soll eine Bussole mit dem Instrumente verbunden sein oder damit verbunden werden können: das setzt voraus, dafs bei der ganzen Konstruktion kein Eisen verwendet ist, was sich übrigens auch wegen der Gefahr des Rostens empfiehlt. Die Bezifferung der Höhenkreisteilung dürfte am zweckmäfsigsten nach Zenitdistanzen durchlaufend von 0° bis 360° sein. Das Fernrohr von mindestens zehnfacher Vergröfserung soll eine Zielvorrichtung zum rohen Einstellen und aufserdem einen Reichenbachschen Distanzmesser haben, wenn nicht andre Vorrichtungen zum Entfernungsmessen vorhanden sind. Mit Rücksicht auf die gröfsere Haltbarkeit ist einem Kreuze von Spinnenfäden ein auf Glas geritztes vorzuziehen. Legt man auf scharfe Messung von Horizontalwinkeln Gewicht, so nimmt man einen Repetitionstheodolit, mit welchem man auch von der Distanzmessung mit horizontaler Latte (Seite 84) zweckmäfsig Gebrauch machen kann. Es mufs jedenfalls eine zum Höhenkreise parallele Libelle (Alhidadenlibelle) vorhanden sein; die Reiterlibelle auf der Horizontalachse hat für topographische Zwecke wenig Wert. Die Libellen sind auf ihre Empfindlichkeit zu prüfen, da es nicht selten vorkommt, dafs bei älteren Stücken das Glas durch die Füllflüssigkeit korrodiert ist, wodurch die Blase ihre Beweglichkeit verliert. Der Winkelwert eines Libellenteiles sollte auf dem Glase eingeätzt oder wenigstens auf der Fassung angegeben sein. Jedenfalls ist er von dem Beobachter auf das sorgfältigste zu bestimmen und im Feldbuche vorne einzutragen. Für jede Libelle sollte eine in die Fassung passende gefüllte Reserveglasröhre mitgeführt werden.

Die Stativbeine sollen zusammenschiebbar[1]) und die Schrauben zum Feststellen der einzelnen Teile so versichert sein, dafs sie auf keinen Fall verloren werden können. Verschiedenartig sind die Einrichtungen zur Verbindung des Instrumentes mit dem Stativ; am meisten angewandt ist wohl immer noch das Federgestänge; für topographische Arbeiten

[1]) Sehr praktisch ist das Patentreisestativ von A. Meifsner in Berlin.

ist mit Rücksicht auf die bequeme Zentrierung eine Konstruktion empfehlenswert, wobei das Instrument auf dem Stativkopfe um 3—4 cm verschiebbar ist.

Ein starker Schirm mit zusammenlegbarem Stocke zum Schutze gegen Sonne, Regen und Wind sowie eine Schutzkappe aus Wachs- oder Kautschuktuch gehören zu einer Theodolitausrüstung.

Von den vielen vorzüglichen Instrumenten, die jetzt in Deutschland gebaut werden, ist als ein Beispiel der „kleinste Reisetheodolit" von Max Hildebrand in Freiberg in Sachsen

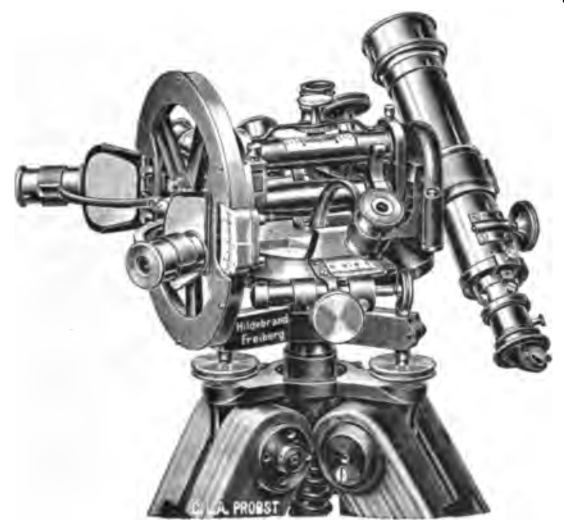


Fig. 6.

in Fig. 6 dargestellt; sein Horizontalkreis hat 8 cm, sein Vertikalkreis 9.5 cm Durchmesser; beide sind in $^1/_8{}^0$ geteilt; die Nonien des ersten geben 60″, die des zweiten 30″. Beide Kreise sind mit Schutzdecken und drehbaren Ableselupen versehen. Das Fernrohr hat 12 cm Brennweite, 20 mm Öffnung, elffache Vergröfserung. Die Schraube zur feinen Bewegung um die Horizontalachse kann als Mikrometerschraube mit geteilter Trommel ausgebildet werden, so dafs man sie zur Distanzmessung benutzen kann (S. 83). Auf die Horizontalachse kann ein Magnetinstrument aufgesetzt werden. Das Gewicht des Instrumentes beträgt 1.6 kg; sein Verpackungskästchen ist 17 cm lang und 16 cm breit und hoch.

Von den vielen mechanischen Werkstätten, welche allen Ansprüchen genügende Instrumente zu liefern imstande sind, seien hier nur genannt: Karl Bamberg in Friedenau bei Berlin (Nr. 31, 34, 157 der Preisliste), F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel (Nr. 207, 208), Otto Fennel Söhne in Cassel (Nr. 49), Gustav Heyde in Dresden, A. Meifsner in Berlin (Dörgens Universal-Instrument für Architekten und Ingenieure), Ludwig Tesdorpf in Stuttgart.

Mit dem Gebrauche des Theodolits mufs sich der Reisende schon zu Hause vertraut machen. Wir sehen hier von einer ausführlichen Anleitung ab und geben nur die wichtigsten Anhaltspunkte.

Der Beobachter stellt die Okularlinse im Okularauszug ein für allemal so, dafs er das Fadenkreuz scharf sieht. Dann hat er sich vor jeder Beobachtung zu überzeugen, dafs das Fadenkreuz keine Parallaxe hat, d. h. dafs das Bild des angezielten Gegenstandes mit der Ebene des Fadenkreuzes zusammenfällt. Man erkennt dies daraus, dafs sich ein scharf eingestelltes Bild gegen das Fadenkreuz nicht verschiebt, wenn man das Auge vor dem Okular hin und her bewegt. Ist eine Parallaxe vorhanden, so hat man den Okularkopf, d. h. die Röhre, welche Okular und Fadenkreuz enthält, zu verschieben, bis die Parallaxe beseitigt ist. Die Stellung, bis zu welcher der Okularkopf für unendlich entfernte Zielpunkte herausgedreht werden mufs, wird auf ihm durch einen Strich bezeichnet.

Fernrohr und Achsensystem sind in der richtigen Stellung, wenn:

1. die Libellenachse senkrecht zur Vertikalachse,
2. die Horizontalachse (Kippachse) senkrecht zur Vertikalachse (Stehachse),
3. die Zielachse senkrecht zur Horizontalachse ist.

Zu 1. Man überzeugt sich zuerst, dafs die Fufsschrauben genügend fest in ihren Muttern sitzen, und sucht das Instrument in der bekannten Weise horizontal zu stellen; kann man dabei erreichen, dafs die Libelle bei einer Drehung des Oberteiles um 360° fortwährend einspielt, so ist die Libellenachse senkrecht zur Vertikalachse. Gelingt dies nicht, so stellt man die Libelle parallel zur Verbindungslinie zweier Fufsschrauben und bringt sie mit diesen zum Einspielen. Hierauf wird der Oberteil um 180° gedreht und von dem sich zeigenden Ausschlag der Libelle die eine Hälfte durch die Korrektionsschrauben der Libelle, die andre durch die be-

treffenden zwei Fufsschrauben weggebracht. Dreht man dann den Oberteil um 90° und bringt den auftretenden Libellenausschlag durch die dritte Fufschraube weg, so ist (wohl erst nach mehrmaliger Wiederholung des Verfahrens) die Libellenachse senkrecht zur Vertikalachse und letztere wirklich vertikal, d. h. das Instrument steht horizontal. Der lotrechten Stellung der Vertikalachse ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, denn der aus schiefer Achsenstellung entspringende Fehler (Aufstellfehler) kann durch Messung in beiden Kreislagen nicht ausgeschaltet wurden. Er ist um so gröfser, je steiler die Zielungen sind.

Zu 2. Diese Bedingung soll der Mechaniker erfüllt haben; ist dies nicht der Fall, so kann der daraus entspringende Fehler durch Messung in beiden Kreislagen beseitigt werden. An die Änderung der Achsenstellung sollen sich nur wirklich Sachverständige wagen.

Zu 3. Der Winkel c, um welchen sich der Winkel der Zielachse des Fernrohres mit der Horizontalachse von einem rechten unterscheidet, heifst der Kollimationsfehler (Zielachsenfehler); um ihn zu bestimmen, geht man bei zentrischem Fernrohre folgendermafsen vor. Man zielt einen entfernten Punkt A an, liest auf dem Horizontalkreise a (z. B. 25° 30′) ab, schlägt das Fernrohr durch, stellt wiederum A ein und liest nun auf dem gleichen Nonius wie vorher b (z. B. 205° 34′) ab. Ist nun $b - a = 180°$, so ist kein Kollimationsfehler vorhanden; ist aber $b - a - 180 = k$ (z. B. 205° 34′ — 25° 30′ — 180° = 0° 4′), so ist der Kollimationsfehler $c = \frac{k}{2}$ (z. B. 0° 2′); um ihn wegzubringen, stellt man den Nonius auf $b - c$ (z. B. 205° 32′) und verschraubt das Fadenkreuz mittels der beiden horizontalen Stellschrauben am Okularkopfe, bis es den Punkt a deckt. Ist das Fernrohr exzentrisch angebracht und seine Achse um die Länge e von der Vertikalachse entfernt, so kann man wie oben geschildert vorgehen, wenn man einen sehr weit entfernten Punkt anzielen kann; steht kein solcher zur Verfügung, so markiert man sich zwei Punkte, A und B, in einer zur Zielrichtung senkrechten Geraden, deren Horizontalabstand gleich $2e$ ist, zielt bei Fernrohr links nach dem linken Punkte A und nach dem Durchschlagen bei Fernrohr rechts nach dem rechten Punkte B und verfährt im übrigen wie vorhin. Der Kollimationsfehler fällt durch Messung in beiden Kreislagen heraus.

Messung der Horizontalwinkel.

Das Instrument soll im Schatten stehen oder durch einen Schirm beschattet sein. Jede Winkelmessung soll zur Ausschaltung der Instrumentalfehler einmal bei „Kreis links“ und einmal bei „Kreis rechts“ gemacht werden. Hat man eine Reihe von Punkten einzumessen (Satzmessung), so beginnt man etwa bei Kreis links mit dem am weitesten links gelegenen Punkte, mifst in dieser Kreislage bis zum letzten Punkte rechts durch und stellt schliefslich im gleichen Sinne weitergehend den ersten Punkt der Kontrolle halber nochmal ein. Dann wird das Fernrohr durchgeschlagen und bei Kreis rechts, mit dem am weitesten rechts gelegenen Punkte beginnend, die ganze Reihe in entgegengesetzter Richtung nochmals gemessen und endlich der am weitesten rechts gelegene Punkt nochmals eingestellt. Die Mittel aus den entsprechenden Ablesungen werden dann weiter verwendet. Wo der Horizontalkreis um das Untergestell drehbar ist, verdreht man ihn zur möglichsten Ausschaltung der Teilungsfehler bei zwei Sätzen um 90°. Bei exzentrischem Fernrohr ist die Messung in beiden Kreislagen notwendig, wenn die Entfernung d des angezielten Punktes nicht so grofs ist, dafs der Winkel α, unter welchem man den Abstand e der Vertikalachse des Instrumentes von der Fernrohrachse vom Punkte aus sehen würde (d. h. die Parallaxe der Exzentrizität) vernachlässigt werden kann. (Ist z. B. $c = 0.1$ m, $d = 1000$ m, so ist $\alpha = \frac{0.1}{1000} \cdot \varrho'' = \frac{206265}{10000} = 20.6''$; vergl. S. 81).

Die Stativbeine haben die unangenehme Eigenschaft, dafs sie sich mit der Sonne drehen, so dafs man am Ende einer längeren Beobachtungsreihe eine andre Ablesung erhält, wenn man den ersten Punkt wieder einstellt. Daher empfiehlt es sich, eine gröfsere Anzahl von Punkten, welche von einem Standpunkte aus gemessen werden sollen, in mehrere Sätze zu teilen und jeden Satz in beiden Kreislagen durchzumessen.

Die Messung einzelner Winkel kann, wenn das Instrument mit Repetitionseinrichtung versehen ist, wesentlich verschärft werden. Wir lassen für die Satzmessung sowie für die Einzelmessung ein Aufschreibeschema folgen, aus welchem man zugleich die vorhandenen Rechenproben ersehen kann.

Horizontalwinkel (Satzmessung).

Instrument:
Beobachter:
Ort und Zeit:

Ziel	Lage	Nonius I			Nonius II			Mittel			Richtung			Gemittelte Richtung			Bemerkungen
		°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	
							Standpunkt A (Kreis 0°)										
B	K. l.	0	01	30	180	01	40	0	01	35	0	00	00	**0**	**00**	**00**	
C		11	24	00	191	24	30	11	24	15	11	22	40	**11**	**22**	**33**	
D		75	48	20	255	48	30	75	48	25	75	46	50	**75**	**46**	**45**	
	Probe:		13	50	+	14	40	=	14	15	87	9	30	87	9	18	
					2												
								3×	1	35	=	4	45				
											87	14	15				
							Kreis 90°										
D	Kr. r.	166	11	40	346	11	50	166	11	45	75	46	40				
C		101	47	30	281	47	30	101	47	30	11	22	25				
B		90	25	00	270	25	10	90	25	05	0	00	00				
			24	10	+	24	30	=	24	20	87	09	05				
					2												
								3×	25	05	=1	15	15				
											88	24	20				

Horizontalwinkel (Repetitionsmessung).

Instrument:
Beobachter:
Ort und Zeit:

Ziel	Fach	Nonius I			Nonius II			Mittel			$n$facher Winkel			Einfacher Winkel			Bemerkungen
		°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″	
							Standpunkt A										
B		5	23	10	185	23	30	5	23	20							
C	1fach	(19	12)								57	36	05	19	12	02	
C	3fach	62	59	20	242	59	30	62	59	25							
											57	36	00	19	12	00	
B	3fach	5	23	20	185	23	30	5	23	25							
			45	50	+	46	30	=	46	10	57	36	03	**19**	**12**	**01**	
					2												

Messung der Zenitdistanzen.

Am einfachsten ist es, man bringt in dem horizontal gestellten Instrumente den Zielpunkt in das Gesichtsfeld, läfst die Alhidadenlibelle mittels der am passendsten gelegenen Fufsschraube einspielen und bringt dann den Horizontalfaden nahe der Mitte mit dem Zielpunkte zum Decken. Mifst man in

dieser Weise in beiden Kreislagen, so mufs bei einem vollständig berichtigten Instrumente, dessen Teilung Zenitdistanzen gibt, die Summe beider Ablesungen $a_1 + a_2 = 360^0$ sein. Der halbe Unterschied zwischen 360^0 und der Summe beider Ablesungen, also $\frac{360 - (a_1 + a_2)}{2}$ heifst der Indexfehler; bringt man ihn an a_1 und a_2 mit seinem Vorzeichen an, so erhält man die wahre Zenitdistanz.

Schema nebst Rechenproben für Zenitdistanzen.

Instrument:
Beobachter:
Ort und Zeit:

Barometer: 716 mm
Thermometer: + 5.5°

Ziel	Lage	Nonius A			Nonius B			Mittel			Indexfehler	Wahre Zenitdistanz			Bemerkungen
		°	′	″	°	′	″	°	′	″		°	′	″	
								Standpunkt A							
B	Kr. l.	81	20	40	261	20	20	81	20	30	—15″	81	20	15	Ziel zitternd
	Kr. r.	278	40	00	98	40	00	278	40	00	—15″	278	39	45	
		360	00	40	360	00	20	360	00	30	—30″	360	00	00	
								Indexf. —15″							

Zieht man es vor, die Stellung des Instrumentes nicht zu ändern, sondern den Stand der Libelle abzulesen, so hat man das unmittelbar nach der Einstellung zu tun; die Zahl der Teilstriche, um welche die Blasenmitte von der Mitte der Röhre absteht, ist dann mit dem Winkelwert eines Libellenteiles zu multiplizieren und mit dem richtigen Vorzeichen an der Kreisablesung anzubringen. Zu diesem Zwecke bringt man sich auf der Seite der Libellenfassung, welche einer positiven Korrektion der Kreisablesung wegen Libellenstandes entspricht, das Zeichen +, auf der andern das Zeichen — an, und zwar nach der Regel: „Die Richtung von der negativen nach der positiven Seite der Libelle entspricht der Richtung der Teilung auf dem oberen Teile des Höhenkreises“.

Es empfiehlt sich, wenn die Einstellung gemacht und eventuell die Libelle abgelesen ist, das Instrument um die Vertikalachse so zu drehen, dafs der Kreis bequem abgelesen werden kann.

Ist es bei einer gröfseren Reihe von Zenitdistanzen nicht möglich, alle in beiden Kreislagen zu messen, so mufs dies wenigstens bei einem Punkte geschehen, um dadurch den Indexfehler zu erhalten.

§ 9. Spiegelinstrumente.

Sextant und Prismenkreis, welche zur See unentbehrlich sind, leisten auch zu Lande in Verbindung mit einem Quecksilberhorizont in der Hand dessen, der damit umzugehen gewohnt ist, ganz ausgezeichnete Dienste. Ich behaupte sogar, dafs sie für Breiten und Zeitbestimmungen wegen Entbehrlichkeit des Stativs und der Libelle dem Theodolit vorzuziehen sind. Für terrestrische Messungen jedoch ist letzterer dem Spiegelinstrumente so überlegen, dafs jeder, der sich nicht mit beiden Arten von Instrumenten ausrüstet, einen Theodolit vorziehen wird. Wir brauchen daher auf die Spiegelinstrumente hier nicht weiter einzugehen und bemerken nur, dafs sie im Boote für die Bestimmung kleiner Winkel zum Zweck der Distanzmessung ungemein brauchbar sind. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass die gemessnen Winkel um die „Schiefenparallaxe" λ zu vergröfsern sind, wenn das links gelegene Ziel nicht sehr weit entfernt ist. Diese beträgt, wenn l den Abstand des linken (also des nicht gespiegelten Zieles) vom Beobachter und a die Entfernung des Drehungspunktes der Alhidade von der Fernrohrachse bezeichnet $\lambda = 206265'' \frac{a}{l}$. Ist also $a = 3$ cm und $l = 300$ m, so beträgt sie 21″.

Sehr nützlich um Winkel auf 1′ bis 2′ aus freier Hand zu messen, ist ein Dosensextant (Breithaupt in Kassel).

§ 10. Winkelschätzungen.

Nicht selten handelt es sich darum, die Gröfse eines Winkels wenigstens ungefähr zu bestimmen, wenn man gerade keine Instrumente zur Hand hat [1]). Das einfachste Mittel dazu ist der Faustwinkel; die vorgestreckte Faust bedeckt zwischen dem Mittelknöchel des Daumens und der andern Handseite ungefähr 10°. Durch Aneinandersetzen solcher Faustwinkel und Einschätzen des Reststückes zwischen den Knöcheln (für 1 Knöchel 2°) kann man einen beliebigen Winkel auf etwa 2° genau ermitteln, wenn man sich einen persönlichen Wert empirisch verschafft hat.

Wenn man den Arm wagrecht ausstreckt und den Daumen senkrecht hält, so verschiebt sich letzterer um etwa 6°, wenn

[1]) Vergl. P. Kahle, „Krokieren für technische und geographische Zwecke", Zeitschrift für praktische Geologie 1894—1897.

man ihn erst mit dem einen und dann mit dem andern Auge anvisiert.

Um den Sehwinkel nach zwei Punkten genauer zu messen, nimmt man bei ausgestrecktem Arm einen Zentimetermaſsstab ungefähr senkrecht zur Halbierungslinie des Winkels in die Hand, stellt das Ende auf den einen Punkt ein und verschiebt den Daumennagel auf dem Maſsstabe so lange, bis er den andern Punkt deckt. Da die Entfernung des Auges vom Maſsstabe bei dieser Stellung durchschnittlich 57 cm beträgt, so entspricht die am Daumennagel abgelesene Zentimeterzahl der Zahl der Grade des eingestellten Winkels.

Höhenwinkel miſst man mit lotrechtem Maſsstabe und hält dabei den Nullpunkt nach oben und den Daumennagel in einer geschätzten Horizontalen durch das Auge. Bei Tiefenwinkeln hält man den Maſsstab in entsprechender Weise ohne Umdrehung der Hand mit dem Nullpunkt nach unten. Wer dieses Verfahren öfter benutzen will, wird sich die Stellung der Hand, bei welcher der Maſsstab 57 cm entfernt ist, am Spiegel bestimmen.

Durch Vergleichuug mit dem Sonnen- oder Monddurchmesser, welche $^1/_2{}^0$ betragen, kann man kleine Winkel schätzen.

§ 11. Fergusons Instrumente.

Th. Ferguson in Schanghai hat drei interessante Instrumente zur Routenaufnahme erfunden, die er als Pedograph, Hodograph und Zyklograph bezeichnet.

Der Pedograph dient zur automatischen Aufzeichnung des Lageplans eines b e g a n g e n e n Weges. Die Längenmessung ist auf das Schrittmaſs begründet. Die Tätigkeit des Aufnehmenden beschränkt sich darauf, daſs er einen am Instrumente angebrachten Knopf stets so dreht, daſs eine Magnetnadel auf eine bestimmte Marke und auſserdem eine grobe Libelle einspielen. Der kleinste Maſsstab, in welchem man damit aufnehmen kann, ist 1:50000. Es ist hier nicht der Ort, das Instrument näher zu beschreiben; wir verweisen auf Prof. Hammers Referate in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1903 S. 277 und in Peterm. Geograph. Mitteilungen 1903 Heft VIII, so wie auf die Schrift des Verfertigers Dr. van Huffel, Direktor der „Niederländischen Instrumentenfabrik" in Utrecht. Preis des Instrumentes 110 fl. holl.; in Holzfassung 180 Mk., in Aluminium 220 Mk., bei Breithaupt in Kassel. Prof. Hammer sagt: „Ein Präzisionsinstrument ist der Pedograph selbstverständlich nicht, er gibt nur die Genauigkeit, die man durch

Abschreiten auf langen Linien erhalten kann. Trotzdem wird er sicher zur Wegskizzierung auf ebenem Gelände sehr wertvolle Dienste leisten. Dabei ist besonders hervorzuheben, dafs weder die Nacht (wo nur eine Laterne zur Beobachtung der Kompafsnadel die Ausrüstung zu vervollständigen hat) noch Regen oder Nebel, noch z. B. die Art der Bodenbedeckung (Wald, Busch, hohes Gras, wie z. B. so oft in Afrika) das Geringste an der Brauchbarkeit des Instruments ändert. Nur ist auf der andern Seite nochmals daran zu erinnern, dafs das Instrument auf andrer als ebener Fläche zunächst versagt, wenigstens was die Richtigkeit der Entfernungen anbetrifft, während die Richtungen der einzelnen Wegstücke auch dann noch richtig angegeben werden. Doch wird auch noch auf mäfsigen Steigungen und Gefällen ein gewandter Arbeiter, der seine Schrittlängen dem Gefälle anzupassen weifs, eine brauchbare Aufnahme zustande bringen können. Auf ebener Fläche soll die Genauigkeit, mit der die Weglänge registriert wird, etwa 3 % betragen, die Genauigkeit in der Richtung der einzelnen Wegstrecken leicht innerhalb 2° gehalten werden können."

Der Hodograph ist zur selbsttätigen Aufnahme auf dem Wasser zurückgelegter Wege von komplizierter Form bestimmt. Vergl. Ref. v. Prof. Hammer in der Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1903 S. 50.

Der Zyklograph besorgt die selbsttätige Aufnahme des Weges, den ein das Instrument tragendes Fahrzeug zurücklegt. Es ist besonders zur Anwendung auf dem Fahrrad bestimmt, kann aber auch über dem Rade eines andern Fuhrwerks angebracht werden. Eine günstige Beurteilung desselben nebst Beschreibung findet man in Prof. Hammers Referat in der Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1904 S. 57.

§ 12. Zeichenausrüstung.

Ein kleines Reifsbrett (etwa 26 × 36 cm), „Skizzierbrett" (Fig. 7), das man zum Aufzeichnen des Itinerars braucht, kann zu örtlichen Aufnahmen gute Dienste leisten, wenn es auf seiner untern Seite mit einer Vorrichtung versehen ist, mit der man es auf einem Stative (etwa dem des photographischen Apparates) befestigen kann. Man stellt es, eventuell mit Hilfe einer Dosenlibelle, möglichst wagrecht, markiert auf dem mit Reifsnägeln aufgespannten Papier durch eine eingesteckte Nadel den Standpunkt *A*, legt an der Nadel ein Diopterlineal oder einen prismatischen Mafsstab an, der mit einer aus zwei Spitzen bestehenden Ablesevorrichtung versehen ist, und zeichnet

die Richtungen nach den bemerkenswerten Punkten der Umgebung sofort an der Linealkante auf; unter diesen mufs auch die Richtung nach einem zweiten Standpunkte *B* sein. Um die angezielten Punkte später wiederzuerkennen, empfiehlt es sich, auf einem um *A* beschriebenen Kreise eine Profilzeichnung des Geländes zu machen. Dann wird auf dem Strahle *AB* die der Entfernung beider Standpunkte entsprechende Länge aufgetragen, das Brett in *B* aufgestellt und so gedreht, dafs der Strahl *BA* nach dem ersten Standpunkte gerichtet ist; schneidet man dann die Punkte des Geländes wiederum ein, so erhält man den Lageplan. Selbstverständlich kann man in ähnlicher Weise die verschiedenen andern Methoden der Mefstischaufnahme (Seitwärts- und Rückwärtseinschneiden) verwenden. Man versäume dabei nie, die magnetische Nord-

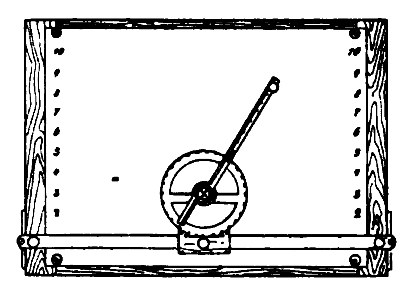


Fig. 7.

richtung genau aufzuzeichnen oder die Richtung nach der Sonne anzugeben und das Datum mit Zeitangabe beizusetzen.

Zum Auftragen der gepeilten Richtungen kann man sich auf sein Zeichenpapier einen (blauen) Vordruck machen lassen, wie ihn die Figur 9 zeigt; man hat dann gleich zu jeder Richtung eine Parallele auf dem Blatte; hat die Ziehkante des Winkels, den man verschiebt, eine Millimeterteilung, so kann man beim Itinerarzeichen auf jeder gezogenen Richtung auch gleich die Entfernung auftragen.

Ich habe das in Figur 7 abgebildete, von Naumann angegebene Reifsbrett mit Strahlenzieher von Gustav Heyde in Dresden benutzt und sehr bewährt gefunden. Man versieht das Blatt oben und unten mit einer flüchtigen Teilung von je 2 cm, stellt die Messingschiene stets auf je zwei entsprechende Teilpunkte und verschiebt dann den Vollkreis an ihr, bis die auf die Peilung eingestellte Alhidade durch den Punkt geht, in welchem man die Richtung antragen will. Die Ziehkante hat eine Millimeterteilung,

an der man die Entfernung abtragen kann. In zwei Löcher der Alhidade kann man Spitzen einschrauben, so dafs das Instrument auch gleich als Skizzierbrett verwendbar ist; in diesem Falle wird der auf einem Glimmerplättchen eingeritzte Mittelpunkt des Teilkreises über den Standpunkt, von welchem aus gepeilt wird, aufgestellt. Der Kreis ist bei meinem Instrumente in Drittelsgrade geteilt; doch ist eine Teilung in ganze Grade entschieden vorzuziehen.

Auch eines der bekannten halbkreisförmigen Strahlenzieher kann man sich mit bedienen, deren Alhidade eine mindestens 10 cm über den Kreis hinausragende Ziehkante mit Millimeterteilung haben. Sie werden an einer die *NS*-Linie gebenden Reifsschiene verschoben, bis die Ziehkante durch den Scheitel des Winkels läuft.

Will man von einem Punkte aus eine ganze Reihe von Strahlen, deren Richtung mit dem Theodolit gemessen wurde, mit grofser Genauigkeit eintragen, so beschreibt man um den Punkt einen Kreis von 100 mm Halbmesser und trägt in diesen die den Winkeln entsprechenden Längen der Sehnen ein, die man einer Sehnentafel entnimmt. (Damit man nur Winkel $< 45^{0}$ zu zeichnen hat, zieht man erst zwei aufeinander senkrechte Strahlen.)

Das Zeichenpapier wird im Formate des Skizzierbrettes geschnitten mitgenommen. Gröfsere Bogen oder schon vorbereitete Kartennetze werden zusammengerollt in einer Blechbüchse verpackt. Wer nicht mit dem Skizzierbrett arbeitet, läfst je zehn Blätter des Zeichenpapieres zu einem Block vereinigen und kann dann einen solchen in einer mit Tragriemen versehenen Krokiermappe, auf der der Block durch Gummibänder befestigt werden kann, bei sich führen.

Die Feldbücher (Format 13 × 20 cm) sollen aus sehr gutem quadrierten Papier und in Wachsleinwand gebunden sein. Säcke aus Kautschuktuch (Ballonstoff), welche wasserdicht zugebunden werden können, sind zur Aufbewahrung der Feldbücher und Routenzeichnungen sehr zweckmäfsig.

Von Bleistiften benutzt man Faber Nr. 3 und 4. Einen Bleistift, sowie einen Blau- und Rotstift bindet man mit einer Angelschnur an den Rockknöpfen an, um sie immer zur Hand zu haben. Eine Schachtel guter Krokierstifte, flüssige und feste Tusche, Radiergummi, Pauspapier, ein Paar g u t e r Winkel (Hartgummi oder Aluminium), ein 20 cm langer prismatischer Mafsstab und ein Reifszeug oder wenigstens ein Taschenzirkel mit Bleistift und Federeinsatz (Riefler in Kempten) dürften alles sein, was der Zeichner noch braucht.

III. Höhenmessung.

§ 13. Quecksilberbarometer.

Da der Luftdruck in den höheren Schichten der Atmosphäre geringer ist als in den tieferen, so ist durch die Messung des Unterschiedes des Luftdruckes an zwei verschiedenen Punkten die Möglichkeit gegeben, auf deren Höhenunterschied einen Schlufs zu ziehen.

Das wichtigste Instrument zur Bestimmung des Luftdruckes ist das Quecksilberbarometer; es zeigt die Höhe einer Quecksilbersäule an, welche einer Luftsäule von demselben Querschnitte das Gleichgewicht hält. Da sich aber die Dichte des Quecksilbers mit seiner Temperatur, das Gewicht mit der geographischen Breite und mit der Höhe über dem Meeresspiegel ändert, so hat man eigentlich jede Ablesung eines Quecksilberbarometers, um sie mit andern vergleichbar zu machen, auf einen Normalstand zu bringen, nämlich auf 0° Temperatur und auf die Schwere am Meeresspiegel unter 45° geographischer Breite. Um die Temperaturkorrektion bestimmen zu können, mufs an jedem Barometer ein Thermometer angebracht sein, dessen Stand bei jeder Beobachtung (und zwar am besten vor der des Barometers) abzulesen ist. Die Reduktion auf 0°, welche für je 1° C. etwa 0.1 mm beträgt, ist verschieden nach dem Material, aus welchem die Skala des Barometers besteht. Für die Messingskala ist im Anhange die Hilfstafel III gegeben, die Reduktion ist für Temperaturen über Null mit negativem, für solche unter Null mit positivem Zeichen an der Ablesung anzubringen.

Bezeichnet Q den auf 0° reduzierten Stand des Quecksilberbarometers unter der geographischen Breite φ bei einer Meereshöhe H, so gilt für den wegen Schwere und Meereshöhe auf 45° Breite und Meeresspiegel reduzierten Stand Q_0 die Formel

$$Q_0 = Q\,(1 - 0.00265 \cos 2\,\varphi)\left(1 - \frac{2\,H}{r}\right),$$

wobei $r = 6\,370\,000$ m ist u. wofür man genügend genau setzen kann

$$= Q - 0.00265\; Q \cos 2\,\varphi - \frac{2\,QH}{r}.$$

Den Betrag der Korrektion $-0.00265\; Q \cos 2\,\varphi - \frac{2\,QH}{r}$ gibt die Tabelle VI. Bei der Höhenberechnung, wo es sich im allgemeinen nur um die Unterschiede der Barometerstände handelt, kann die Reduktion wegen der Breite unterbleiben, wenn beide Orte in Breite weniger als 1° entfernt sind; ebenso

kann die auf den Meeresspiegel unterbleiben, wenn der Höhenunterschied weniger als 500 m beträgt. Dagegen sind beide Reduktionen scharf zu rechnen, wenn man die Korrektion von Siedethermometern und Aneroiden dem Quecksilberbarometer gegenüber bestimmen will (S. 107).

Es ist nicht nötig, hier auf die verschiedenen Konstruktionen der Quecksilberbarometer näher einzugehen. Jedenfalls soll ein Reiseinstrument möglichst einfach sein; Millimeterteilung, event. mit Nonius, genügt vollkommen. Das Gefäfsbarometer von Fortin dürfte immer noch am häufigsten angewandt werden; in vielen Fällen wird auch das Darmersche Heberbarometer, bei welchem die beiden Schenkel durch einen Schlauch aus bestem Pará-Gummi verbunden sind, ausreichen, da sich damit eine Genauigkeit von 0.1—0.2 mm erzielen läfst. Es zeichnet sich durch geringes Gewicht, einfachen Transport und billigen Preis aus[1].

Wer in der Nähe seines Beobachtungsgebietes ein Standbarometer (vergl. S. 112) aufstellt und bis zu dem betreffenden Punkte zu Schiffe gelangen kann, wählt als Quecksilberstandbarometer am besten ein Gefäfsbarometer mit reduzierter Skala, wie sie z. B. von Fuefs in Berlin-Steglitz hergestellt werden.

Die Quecksilberbarometer sollen nicht nur vor und nach der Reise, sondern auch unterwegs, so oft man an eine meteorologische Station kommt, mit den Normalinstrumenten verglichen werden (Physikalisch technische Reichsanstalt, Seewarte etc.). Der mittlere Fehler einer Luftdruckbestimmung mittels eines Reisequecksilberbarometers kann auf 0.1—0.2 mm veranschlagt werden, was einem Höhenunterschiede von 1—2 m entspricht. Sollte eine kleine Luftblase von 1—2 mm Durchmesser im oberen Teile der Röhre beim Neigen derselben sichtbar werden, so macht diese das Instrument noch nicht unbrauchbar, da sie einen hinreichend konstanten Einflufs hat, so dafs derselbe gemeinsam mit den andern Fehlern bei der Vergleichung in Rechnung gebracht werden kann.

Bei der Ablesung wird immer die Kuppe der Quecksilbersäule eingestellt, Korrektionen wegen Kapillarität werden nicht angebracht, sondern mit der Standkorrektion gegenüber einem Normalinstrument zusammengenommen.

Leider ist der Transport des Quecksilberbarometers sehr schwierig, so dafs es für den Reisenden stets ein Sorgenkind ist; am sichersten ist es noch, er trägt es selbst; läfst er es von jemand anderm tragen, so empfiehlt es sich, einen möglichst

---

[1]) Ausgeführt durch die Grofsherzogl. Sächsische Fachschule und Lehrwerkstätte für Glasinstrumentenmacher in Ilmenau. Preis einschliefslich Futteral 40—60 Mk.

zerbrechlichen, unverpackten Gegenstand, z. B. einen Porzellanteller, mit ihm zusammen zu binden, weil man an dem Zerbrechen desselben sofort sehen kann, dafs das Instrument mifshandelt wurde. Beim Transport auf Lasttieren wird das Barometer in seinem Futteral nochmals in eine Kiste mit Holzwolle verpackt, welche mittels Flügelschrauben bequem geschlossen werden kann.

§ 14. Siedethermometer.

Bekanntlich liegt der Siedepunkt des Wassers um so tiefer, je geringer der darauf lastende Luftdruck ist. Den Zusammenhang zwischen beiden zeigt die folgende Tabelle, worin t die Siedetemperatur in Celsiusgraden, Q_0 den zugehörigen, auf 45° Breite und Meeresspiegel reduzierten Barometerstand bezeichnet.

t °	Q_0 mm	t °	Q_0 mm	t °	Q_0 mm	t °	Q_0 mm
97.0	681.9	98.0	707.1	99.0	733.2	100.0	760.0
97.1	684.4	98.1	709.7	99.1	735.8	100.1	762.7
97.2	686.9	98.2	712.3	99.2	738.5	100.2	765.5
97.3	689.4	98.3	714.9	99.3	741.1	100.3	768.2
97.4	691.9	98.4	717.5	99.4	743.8	100.4	771.0
97.5	694.4	98.5	720.1	99.5	746.5	100.5	773.7
97.6	696.9	98.6	722.7	99.6	749.2	100.6	776.5
97.7	699.5	98.7	725.3	99.7	751.9	100.7	779.3
97.8	702.0	98.8	727.0	99.8	754.6	100.8	782.1
97.9	704.6	98.9	730.5	99.9	757.3	100.9	784.9
98.0	707.1	99.0	733.2	100.0	760.0	101.0	787.7

Einer Luftdruckdifferenz von 0.1 mm entspricht also eine Differenz der Siedetemperaturen von 0.004°. Wenn ein Grad der Thermometerskala in 20 Teile geteilt ist und man noch ein Zehntel eines Teiles, also 0.005°, schätzen kann, so entspricht dies fast der Schärfe, mit der man Barometer abliest.

Die Gefäfse, in welchen die Siedetemperatur beobachtet wird, müssen besonders sorgfältig hergestellt sein; von den verschiedenen Konstruktionen sind die nach v. Danckelman (Gewicht 1.8 kg), Habel (1.1 kg), Grützmacher (2.1 kg) ausgeführten (Fuefs in Berlin-Steglitz) wohl am häufigsten verwendet. Die Grützmachersche zeichnet sich dadurch aus, dafs eine Überhitzung des Dampfes fast ausgeschlossen ist, und dafs sie auch bei stürmischem Wetter sicher gebrauchsfähig bleibt. Die Thermometer sollten aus Jenaer Glas 59 III hergestellt und gleich mit einer Luftdruckteilung, statt mit einer Gradteilung versehen sein. Man versehe sich mit einem Vorrat

von 98 % denaturiertem Spiritus. Wer in Tiefland und Hochgebirge beobachtet, nimmt, damit die Skalenteile nicht zu klein werden, zwei Thermometer, von denen das eine die Luftdruckteilung für Siedetemperaturen von 101° bis 93°, das andere die für Temperaturen unter 93.5° hat.

Beim Gebrauche suche man sich einen möglichst windgeschützten Ort, verwende ganz reines, salzfreies Wasser (Regenwasser) sowie Flammen von möglichst gleicher Höhe (3—4 cm) und sorge, dafs die Öffnung, aus welcher der Dampf abströmt, nicht durch kondensierte Wassertropfen teilweise verschlossen ist. Das Thermometer mufs lotrecht hängen, damit das Quecksilbergefäfs nicht an der Dampfröhre anlehnt. Die Ablesung hat immer gleich viel Minuten (etwa 5) nach Beginn des Siedens zu geschehen. Den Faden läfst man nur so weit aus der Dampfröhre herausschauen, dafs man ihn gerade ablesen kann. Nicht selten kommt es vor, dafs das Quecksilber abdestilliert; daher ist das Thermometer vor der Benutzung zu untersuchen, ob sich nicht kleine, abgelöste oder abdestillierte Quecksilbertropfen im oberen Teile der Röhre befinden; ist dies der Fall, so versucht man sie zunächst durch die Wirkung der Zentrifugalkraft beim Schwingen des Thermometers herabzubekommen. Gelingt dies nicht, so mufs das Thermometer in einer Kochsalzlösung so weit erhitzt werden, dafs der Faden bis zu den abgelösten Tropfen steigt und sie dann beim Erkalten wieder mit herabnimmt. Es ist dabei höchste Vorsicht anzuwenden, da das Thermometer sehr leicht zersprengt werden kann.

Der aus der Siedetemperatur abgeleitete Barometerstand, zu dessen Berechnung die oben gegebene Tabelle ausreicht, gibt, falls das Instrument fehlerfrei ist, den wahren Luftdruck und bedarf also keiner Schwerereduktion; es mag dies zugleich mit der Korrektion des Quecksilberbarometerstandes an folgendem Beispiele erklärt werden.

Vergleichung des Stationsbarometers Fuefs 718 mit dem Siedethermometer Fuefs 102.

Desterro $\varphi = -27° 36'$, $H = +20$ m; 27. Mai 1887 2^h 18

Quecksilberbarometer Fuefs 718			Thermometer 102
Ablesung	768.4 mm (+ 18.9°)		Siedetemperatur 100.150°
Reduktion auf 0° C	— 2.36		Entsprechender Luftdruck 764.1 mm
„ „ 45° Br.	— 1.16	(— 768 · 0.0026 cos 55° 12′)	
„ auf Meeressp.	0.00		
Reduzierter Stand $Q_0 = 764.9$ mm			

somit Korrektion des Thermometers Fuefs 102 gegen das Quecksilberbarometer Fuefs 718

764.9 — 764.1 = + 0.8 mm.

Cuyabá $\varphi = -15° 36'$, $H = +220$ m: 24. Juli 1887 2^h 40.

Fuefs 718		Thermometer 102
Ablesung	752.1 mm (+ 26.7°)	Siedetemperatur 99.497°
Reduktion auf 0° C	— 3.25	Entsprech. Luftdruck 746.4 mm
„ „ 45° Br.	— 1.70	
„ auf Meeressp.	— 0.03	
Reduzierter Stand Q =	747.1 mm	

somit Korrektion des Thermometers Fuefs 102 gegen Fuefs 718
747.1 — 746.4 = + 0.7 mm.

Hätte man die Schwerereduktion des Quecksilberbarometers nicht berücksichtigt, so hätte sich bei der ersten Beobachtung eine Korrektion von + 1.9, bei der zweiten eine solche von + 2.4 mm und somit eine scheinbare Verschiebung des Nullpunktes von 0.5 mm ergeben, während er sich tatsächlich nur um 0.1 mm verändert hat.

Werden die Siedethermometer, deren man mindestens zwei haben soll, mit der genügenden Sorgfalt gehandhabt, so können sie das Quecksilberbarometer für fast alle praktischen Zwecke, insbesondere für die Kontrolle der Aneroide, ersetzen und sind ihm sogar überlegen wegen der Leichtigkeit und Gefahrlosigkeit des Transportes.

§ 15. Federbarometer.

Das eigentliche Gebrauchsinstrument zur Luftdruckmessung für den Reisenden ist das Federbarometer (Aneroid). Es ist wegen der Einfachheit der Handhabung und der Leichtigkeit des Transportes dem Quecksilberbarometer und dem Siedethermometer weit überlegen. Da bei ihm der Luftdruck durch die Elastizität des gewellten Deckels einer luftleeren Blechbüchse gemessen wird, so gibt ein ordentlich berichtigtes Instrument den Luftdruck ohne weiteres, d. h. die auf 0° C. reduzierte Ablesung bedarf keiner Korrektion wegen geographischer Breite und Meereshöhe. Leider hat es den Fehler, dafs es seinen Stand durch Stöfse usw. leicht ändert, und dafs es durch die elastische Nachwirkung des federnden Deckels bei starken Druckänderungen sehr beeinflufst wird.

Von den verschiedenen Konstruktionen, welche von den deutschen Fabriken (namentlich Bohne in Berlin) in vorzüglichster Weise hergestellt werden, ist für Reisezwecke nur diejenige mit Zeigerablesung zu empfehlen, da mit ihr die Beobachtung am raschesten vor sich geht und auch zu Pferd ausgeführt werden kann. Für genaue Beobachtungen sollte der Durchmesser der Teilung nicht kleiner als 6½ cm sein, obwohl auch Instrumente mit 5 cm Skalendurchmesser noch brauchbare

Resultate liefern, zumal, da man diese noch in der Westentasche und dadurch in konstanter Temperatur und vor Stöfsen möglichst gesichert mit sich führen kann.

Die Einwirkung der Temperatur ist im allgemeinen sehr beträchtlich, wenn die Instrumente gegen Wärmeeinflufs nicht kompensiert sind; da man sich aber auf die Kompensation nicht vollständig verlassen kann, so sollte jedes gröfsere Instrument mit einem inneren Thermometer versehen sein, das bei den Beobachtungen regelmäfsig mit abgelesen wird. Aufserdem sind die Aneroide vor Temperaturwechsel, insbesondere vor direkter Bestrahlung durch die Sonne, möglichst zu schützen, was durch Transport in einem mit Filz ausgelegtem Holzkasten geschehen kann.

Temperaturkoeffizient.

An jeder Ablesung eines nicht oder nicht vollständig kompensierten Aneroids ist die Temperaturkorrektion anzubringen. Um den entsprechenden Koeffizienten zu finden, kann man folgendermafsen vorgehen: Man setzt das Instrument möglichst verschiedenen Temperaturen aus, indem man es im Winter erst im warmen Zimmer liegen läfst und es dann vor das Fenster legt, im Sommer aber eventuell einen Eisschrank zu Hilfe nimmt. Beobachtet man dann die entsprechenden Standänderungen (natürlich beide Male in derselben Höhenlage), so kann man daraus den Temperaturkoeffizienten ableiten; als Beispiel möge die diesbezügliche Bestimmung für das Instrument Elliot 2224 durch Jordan dienen.

Karlsruhe, 27. November 1874.

Zeit	Inneres Thermometer	Elliot 2224	Quecksilberbarometer reduziert
9^a 20	+ 13.5°	748.2 mm	749.1 mm
11^a 50	— 2.5°	747.3 mm	748.7 mm
Differenzen	$\Delta t = 16.0^{\circ}$	$\Delta F = 0.9$ mm	$\Delta Q = 0.4$ mm

Da sich der Luftdruck zwischen beiden Beobachtungen um $\Delta Q = 0.4$ mm verändert hat, so beträgt die Abnahme des Standes des Aneroids durch die Abkühlung um $\Delta t = 16.0^{\circ}$ nur $\Delta F - \Delta Q = 0.5$ mm; daher ergibt sich die Abnahme für 1° als $\frac{\Delta F - \Delta Q}{\Delta t} = \frac{0.5}{16.0} = 0.031$ mm. Acht solche Beobachtungen ergaben die Werte 0.024, 0.044, 0.011, 0.032, 0.031, 0.035, 0.016, sonach im Mittel 0.028.

Da sich der Stand mit abnehmender Temperatur ver-

mindert, so mufs von einer bei $+ t$ gemachten Ablesung, um sie auf 0° zu reduzieren, der Betrag $0.028\,t$ abgezogen werden; es ist also der auf 0° reduzierte Stand von Elliot 2224: $F_0 = F - 0.028\,t$. Danach ergibt sich die folgende Reduktionstabelle:

Temperaturen	−5	+0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35,
Reduktionen	+0.14	0.00	−0.14	−0.28	−0.42	−0.56	−0.70	−0.84	−0.98.

Die Temperaturkoeffizienten sind im allgemeinen negativ und betragen bei nicht kompensierten Instrumenten 0.1 bis 0.2 mm für 1° C. Sie sind übrigens bei verschiedenem Druck verschieden und wachsen gewöhnlich bei abnehmendem Druck nach der positiven Seite hin, so dafs also z. B. ein Instrument, welches bei 760 mm den Koeffizienten — 0.02 hat, bei 420 mm einen solchen von + 0.04 haben kann. Vielfache Untersuchungen haben ergeben, dafs Federbarometer bei tiefen Temperaturen weniger zuverlässig sind als bei höheren.

Teilungsfehler.

Die Teilungen der besseren Instrumente sind im allgemeinen so gut, dafs sie eine Luftdruckdifferenz auf 1 bis 2 % richtig angeben; da sich aber auch Teilungsfehler von 5 % und mehr finden, so sind die Instrumente auch in dieser Hinsicht zu untersuchen. Ein einfaches Mittel hierzu besteht in einer Bergbesteigung, mit Zuziehung eines Quecksilberbarometers, welches man von Zeit zu Zeit aufstellt und gemeinsam mit dem Federbarometer abliest. Sind Q_0 die auf 0° C. und auf den Meeresspiegel reduzierten Stände des Quecksilberbarometers und F_0 die auf 0° C. reduzierten Stände des Aneroids, und hat man z. B.:

	Q_0	F_0	$Q_0 - F_0$
am Fufse des Berges	743.6 mm	742.5 mm	+ 1.1 mm
auf dem Gipfel. . .	690.4 „	688.3 „	+ 2.1 „
Differenzen	53.2 mm	54.2 mm	— 1.0 mm

so sieht man, dafs bei einer Abnahme der Ablesung um 54.2 mm das Aneroid um 1.0 mm zu wenig zeigt; dies ergibt für jedes mm unter 742.5 eine Korrektion von $\frac{+1.0}{54.2} = 0.019$ mm.

Man hat daher

$$Q_0 = F_0 + 1.1 + 0.019\,(742.5 - F_0)\text{ mm},$$

wofür man auch schreiben kann

$$Q_0 = F_0 + 0.8 + 0.019\,(760 - F_0)\text{ mm}, \qquad (1)$$

als Formel, um die wahre Gröfse des Luftdrucks aus der auf 0° reduzierten Federbarometerablesung abzuleiten.

Das am häufigsten und auch von der physikalisch-technischen Reichsanstalt angewandte Verfahren zur Untersuchung der Teilungsfehler der Aneroide besteht darin, dafs sie zusammen mit einem Quecksilberbarometer unter den Rezipienten einer Luftpumpe gebracht werden, in welchem die Luft nach und nach verdünnt wird. Die erhaltenen Beobachtungszahlen werden graphisch oder mittels der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen und liefern dann den Korrektionsfaktor.

Verbindet man die Formel (1) mit der Formel, welche die Reduktion der direkten Ablesung F auf $0^0\,C$ liefert, so erhält man eine Gleichung von der Form

$$Q_0 = F + a + bt + c\,(760 - F);$$

darinnen bedeutet a die Standkorrektion, d. h. denjenigen Betrag, welcher mit seinem Vorzeichen an der wegen Temperatur und Teilungsfehler bereits berichtigten Ablesung des Federbarometers angebracht werden mufs, damit sie den wahren Luftdruck gibt. Sie ist, wie schon früher bemerkt, sehr veränderlich, einerseits durch die auf der Reise unvermeidlichen Erschütterungen und andrerseits durch die elastische Nachwirkung. Die letztere Eigenschaft bewirkt ein „Nachhinken“ des Aneroids, d. h. es braucht einige Zeit, bis es den dem herrschenden Luftdruck entsprechenden Stand richtig anzeigt. Besteigt man z. B. einen Berg, so wird es noch einige Zeit nach der Ankunft fallen; ist man wieder ins Tal herabgekommen, so wird es noch einige Zeit steigen, so dafs man eigentlich immer zu kleine Differenzen erhält. Selbst bei den gewöhnlichen Luftdruckschwankungen, welche in unsern Gebieten etwa 30 mm betragen, treten infolge der elastischen Nachwirkungen Standänderungen auf, die von einem zum nächsten Tage 0.4 mm betragen können. Man soll daher, wo es möglich ist, vermeiden, das Aneroid grofsen Luftdruckänderungen auszusetzen. Wenn man einen hohen Berg besteigt, wird man nur eines der Instrumente mit hinaufnehmen und das in den tiefen Lagen benützte Gebrauchsinstrument am niedrigsten Punkte, an den man wieder zurückkommt, hinterlassen; dann kann man auch durch Vergleichung beider nach dem Abstiege die Gröfse der elastischen Nachwirkung des oberen beobachten. Hat man einen unten bleibenden Reisebegleiter, so soll dieser an der unteren Station jede Viertelstunde die Aneroide ablesen. Da die Gröfse der elastischen Nachwirkung auch von der Geschwindigkeit, mit welcher die Druckänderung vor sich gegangen ist, und von der Dauer der Einwirkung abhängt, so bleibt, um der ganzen Kalamität möglichst zu entgehen, nichts anderes übrig als eine häufige, im

Gebirgslande täglich, im Flachlande mindestens alle drei Tage vorzunehmende Vergleichung der Aneroide mit dem Quecksilberbarometer oder Siedethermometer. Übrigens hat Watkins ein Berganeroid angegeben (bei J. J. Hicks, 8 Hatton Garden in London), auf welches man den Luftdruck nur während der Ablesung wirken läfst, das somit der Wirkung des äufseren Luftdruckes im allgemeinen vollständig entzogen ist. Da E. Whymper damit sehr gute Erfahrungen gemacht hat (Meteorologische Zeitschr. 1899 S. 29), verdient das Instrument weitere Verwendung und Prüfung. Zeigt ein Federbarometer infolge eines Stofses eine Standänderung, deren Entfernung wünschenswert ist, so hat man dazu zwei Mittel: wenn die Änderung bedeutend ist, entfernt man das Deckelglas, zieht den Zeiger ab, welcher auf seiner Achse nur durch Reibung sitzt, und steckt ihn in der gewünschten Lage wieder auf; handelt es sich nur um eine kleine Berichtigung, so dreht man die durch ein Loch am Boden des Gehäuses sichtbare Schraube, welche den Druck der grofsen Spannfeder gegen die Büchse ändert, mittels eines Schraubenziehers, bis der Zeiger den gewünschten Stand hat.

Bei Reisen zu Pferde kommt es vor, dafs sich die Grundplatte von schweren Instrumenten infolge der fortwährenden Erschütterungen vom Gehäuse losreifst. Ich habe in einem solchen Fall unterwegs den Schaden dadurch behoben, dafs ich Löcher durch den Gehäuseboden schlug und die Grundplatte von aufsen anschraubte. Es empfiehlt sich daher für Reisende, welche reiten, kleinere und damit leichtere Aneroide zu verwenden.

Der Reisende soll stets mehrere Instrumente besitzen, welche täglich mindestens einmal miteinander verglichen werden; an wichtigen Beobachtungspunkten werden alle abgelesen. Dabei hat man das Instrument immer in derselben Lage, am besten horizontal, zu halten und vor dem Ablesen durch Klopfen auf das Gehäuse leicht zu erschüttern. Um das Auge stets in derselben Richtung gegen die Zeiger zu haben, dreht man das Aneroid so, dafs die Zeigerspitze gerade vom Körper absteht und das Spiegelbild des Auges im Deckel halbiert, und liest dann ab.

§ 16. Selbstschreibende Barometer.

In nicht wenigen Ländern sind die meteorologischen Stationen so selten, dafs der Reisende die zur Höhenberechnung erforderlichen korrespondierenden Beobachtungen nur aus sehr

entfernten Orten bekommen kann. In diesem Falle sollte er sich an einem dem Forschungsgebiete möglichst nahen Punkte selbst eine Station schaffen, welche ihm die nötigen Beobachtungen liefert. Er kann dies mit Hilfe eines der selbstschreibenden Aneroide mit sieben Tage-Uhrwerk (Preis 70 bis 100 Mk.), falls er an einer der letzten Stationen eine gewissenhafte Persönlichkeit findet, welche das Instrument bedient, täglich durch Anstofsen eine Zeitmarke macht und den gleichzeitigen Stand eines Quecksilberbarometers oder wenigstens eines Aneroids aufschreibt. Das Registrierbarometer ist in einem Raume, dessen Temperatur sich möglichst wenig ändert, womöglich also in einem Keller oder in einem Zimmer, dessen Wände von der Sonne nicht beschienen werden, aufzustellen. Um beim Fehlen von Kontrollablesungen wenigstens die Sicherheit zu haben, dafs das Papier richtig auf die Trommel gelegt war, sollte letztere nahe dem unteren Rande drei feine Spitzen haben, welche sich ins Papier eindrücken und dadurch die Lage der Teilung gegen die Trommel später erkennen lassen.

Eine Schwierigkeit, welche hierbei zu überwinden ist, besteht darin, dafs die Leute an solchen Plätzen gewöhnlich die Ortszeit nicht genügend genau haben. Der Beobachter wird meist auf eine Sonnenuhr angewiesen sein, welche ihm der Forschungsreisende eventuell selbst erst herzustellen hat. Ich möchte empfehlen gleich eine der Sonnenuhren mitzunehmen, welche Dr. Maurer in der Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1903 S. 207 beschrieben hat. Diese können ohne astronomische Bestimmungen, ohne Kompafs und ohne besondere Vorkenntnisse an jedem Orte richtig aufgestellt werden, dessen Breite bis auf $^1/_2{}^0$ genau bekannt ist. Ihre Teilung gibt fünf Minuten, eine Minute kann noch geschätzt werden; sie sind $20 \times 10 \times 10$ cm grofs und werden von A. Meifsner in Berlin angefertigt.

Gegenwärtig kommt ein äufserst kompendiöses, selbstschreibendes Taschenaneroid (französisches Fabrikat) in den Handel[1]), welches mit einem 24 Stunden laufenden Uhrwerk versehen den Barometerstand alle drei Minuten durch einen Punkt registriert. Es mifst $12 \times 8.5 \times 3.5$ cm, wiegt 450 g und hat auf dem Papierstreifen eine Höhenteilung bis 2400 oder 5000 m. Der Papierstreifen ist 6 cm hoch, und es entspricht einer Stunde eine Streifenlänge von 3 mm. Das In-

[1]) Bei Rodenstock, München, Preis 250 Mk.

strumentchen ist mit allem Zubehör in einem Kästchen von 18 × 14 × 5.5 cm verpackt. Ich hatte keine Gelegenheit es zu untersuchen, glaube aber, daſs es für Forschungsreisende unter Umständen nützlich sein kann.

§ 17. **Thermometer.**

Zur Berechnung des Höhenunterschiedes zweier Orte aus der Luftdruckdifferenz ist es notwendig, die mittlere Temperatur der zwischen ihnen liegenden Luftsäule zu kennen; man nimmt als solche im allgemeinen das Mittel aus den Temperaturen an der oberen und unteren Station an. Womöglich sollte man sich so einrichten, daſs man mit der Temperatur zugleich die Feuchtigkeit messen kann, und dementsprechend mit einem Psychrometer, d. h. mit einem trockenen und einem feuchten Thermometer beobachten. Um die Temperatur möglichst unbeeinfluſst von der Sonnenstrahlung zu bekommen, verwendet man ein Aſsmannsches Taschen-Aspirations-Psychrometer, wie es von Fueſs in Berlin-Steglitz hergestellt wird. Bei demselben saugt ein durch eine Feder bewegter kleiner Ventilator einen Luftstrom an dem durch doppelte Hülsen vor Bestrahlung geschützten Thermometergefäſse vorbei; man liest es ab, wenn es seinen Stand nicht mehr ändert und tut dies so rasch als möglich, damit die Körpertemperatur keinen Einfluſs ausüben kann. In Ermangelung eines Aſsmannschen Thermometers bedient man sich des Schleuderthermometers. Er ist das ein am besten in ganze Grade geteiltes kurzes Thermometer, das an einer etwa 50 cm langen Schnur (Angelschnur) befestigt ist und mit möglichst gestrektem Arme im Kreise geschwungen wird, bis es seinen Stand nicht mehr ändert (etwa 1 — 2 Minuten). Das Gefäſs sollte ebenfalls gegen Strahlungen geschützt sein. Joh. Greiner in München und Fueſs in Berlin-Steglitz liefern derartige Instrumente auch zu zweien als Psychrometer verbunden. Man kann natürlich auch mit einem gewöhnlichen Thermometer die Temperatur bestimmen, wenn man es im Schatten aufhängen kann.

Wo der Reisende Gelegenheit hat, ein Registrierbarometer als Standinstrument aufzustellen, empfiehlt es sich auch ein Registrierthermometer dazuzugeben, das in ähnlicher Weise zu bedienen ist wie das Barometer (Zeitmarke, Kontrollablesung an einem daneben aufgehängten Quecksilberthermometer). Da hiebei wohl auf die Aspiration verzichtet werden muſs, so genügt für diesen Zweck die einfache Form, wie sie M. Sendtner in München für 65 Mk. liefert. Alle Thermometer sollen vor

der Reise sorgfältig mit Normalinstrumenten verglichen werden. Die Nummer des benützten Instruments ist im Beobachtungsbuch anzugeben. Für die Zwecke der Höhenberechnung genügt es, wenn jede Stunde und außerdem auf besonders wichtigen Punkten Temperaturbeobachtungen gemacht werden. Bei längerem Aufenthalt an demselben Orte wird man die üblichen Beobachtungsstunden 7a 2p 9p einhalten, um klimatologisch nutzbare Werte zu erhalten.

IV. Anwendungen.

§ 18. Aufnahme des Reiseweges.

Wer eine für geographische Zwecke brauchbare Routenaufnahme machen will, hat an einem Punkte mit sicher bestimmten geographischen Koordinaten anzufangen und die Arbeit womöglich bis zu einem zweiten ebensolchen oder, eine Schleife machend, bis zum Ausgangspunkte durchzuführen. Im letzteren Falle wird man in unbekanntem Gebiete womöglich einen andern Weg als auf der Ausreise wählen, sich aber bemühen, diesen zu berühren oder zu schneiden, weil dadurch eine gute Kontrolle der Aufnahme ermöglicht wird. Wo man den Reiseweg eines Vorgängers schneiden kann, soll man dies an einem Punkte tun, der sich identifizieren läfst. Benützt man bei der Abreise oder Ankunft eine Strecke weit eine vielbegangene Strafse, so versäume man nicht, auch diesen Teil aufzunehmen, weil sonst das Itinerar „in der Luft hängt". Keinesfalls darf die Arbeit jemals eine Unterbrechung erleiden.

Die Aufnahme des Reiseweges geschieht am besten zu Fufs; dabei wird man auf guten Wegen eine Strecke von 20 und einigen Kilometern täglich bearbeiten können. Die Richtungen der einzelnen Wegstrecken werden mit dem Taschenkompafs auf 5° genau gepeilt (Seite 85); dafs dies ausreicht, beweist die in § 19 gegebene Fehlertheorie.

Wer mit Karawane reist, nimmt am besten seinen Platz hinter ihr; wird an der Spitze eine Flagge getragen, so kann man in leidlich offenem Gelände den Weg schon auf beträchtliche Entfernung einpeilen und sich dadurch von kleinen Krümmungen unabhängig machen. Man hat dabei auch den Vorteil, für kurze Zeit stehen bleiben zu können, um eine Peilung zu machen oder Gesteinsproben zu nehmen, ohne diesen Halt notieren zu müssen, wenn man die gleichmäfsig fortmarschierende Karawane im Geschwindschritt wieder ein-

holt. Wo man rückwärts schauend einen Punkt des zurückgelegten Weges wieder erkennen kann, soll man ihn nochmals peilen. Erleichtert werden diese Rückwärtspeilungen, die gar nicht oft genug gemacht werden können, wenn man einen Mann, womöglich einen Berittenen, hinter sich nachkommen läfst.

Jeder bemerkenswerte Punkt wird womöglich an drei voneinander genügend entfernten Punkten gepeilt, das erste Mal mit Schätzung der Entfernung, da man nicht weifs, ob man ihn später wieder sieht. Auch einmalige Peilungen können von Wichtigkeit sein, wenn der betreffende Punkt schon festgelegt ist oder von einem andern Reisenden auch nur einmal gepeilt worden ist. Für nahe Punkte genügt der Taschenkompafs, für entfernte benutzt man den Peilkompafs.

Wo es die Zeit erlaubt, wird man dem Wege benachbarte Höhen besteigen, um von ihnen aus Fernpeilungen mit dem Peilkompasse oder dem Theodolit zu machen, Rundsichten mit dem Skizzierbrette aufzunehmen und Profilskizzen zu zeichnen. Von besonderem Werte sind photogrammetrische Rundsichten, von welchen der nächste Abschnitt dieses Werkes handelt. Man darf keinesfalls versäumen, den Beobachtungspunkt an das Itinerar anzuschliefsen.

Sehr wichtig ist eine sorgfältige Aufschreibung der einheimischen Namen, wo solche vorhanden sind; wo sie fehlen, sind die von den ersten Entdeckern gegebenen Namen anzunehmen. Wo neue erforderlich sind, wähle man in erster Linie Bezeichnungen, aus denen auf die Beschaffenheit, Lage usw. des betreffenden Gegenstandes geschlossen werden kann; den eignen Namen auf der Karte verewigen zu wollen, ist unbescheiden.

Zur Bestimmung der zurückgelegten Entfernungen bedient man sich eines der früher angegebenen Hilfsmittel. Wo der Marsch ohne besondere Hindernisse vorwärts geht, ist die Marschzeit das einfachste, wenn gleichzeitig sorgfältige Schätzungen der Geschwindigkeit gemacht werden. In offenem Gelände, wo der Pflanzenwuchs nicht hinderlich ist, kann ein Reisender, der über genügend Leute verfügt, die zurückgelegten Strecken mit einem Mefsdraht von 50 oder 100 m Länge messen lassen.

Zieht man durch Wald, in welchem der Weg erst freigemacht werden mufs, so wird man, wenn die Sonne scheint, den vorausgehenden Leuten die einzuhaltende Richtung von Zeit zu Zeit durch den Winkel geben, unter welchem sie den Schatten schneiden soll. Ist der Weg bereits vorhanden, so kann man umgekehrt aus der Richtung, unter welcher er den

Datum: 29. August 1887. Mittag / Abend } Besteck $\varphi = -13^{0}\ 59.2;\ \lambda =$

Nr.	Ort	Zeit h	Zeit m	Pause min.	Δt min.	Peilung α^{0}	Barometer mm	Thermometer +	Entfernung l	$l \sin \alpha$ +	$l \sin \alpha$ −	$l \cos \alpha$ +	$l \cos \alpha$ −	Bemerkungen
0	Lagerplatz	a 6	44		19	310	711.5	17.0	630		483	405		2.0 km
1	. . . .	7	3	8	24	0	07.4		1200		0	1200		3.0 km
2	An Abstieg		35	45	10	45	07.9		500	354		354		
3	. . . .	8	30	54	39	0	12.5		1950		0	1950		
4	. . . .	10	3		25	0	17.4	32.2	1250		0	1250		
5	Bach nach 75°, 1 m br. . .		28	5	17	350	14.4		850		143	837		
6	. . . .		50		20	340	15 0		1000		342	940		10h 55 Bach nach 40°
7	. . . .	11	10		7	310			350		268	225		
8	Bach nach 45°, 2 m br., 0.2 m t.		17		50	350	17.0		2500		434	2462		
9	„ „ 60°, 1.5 m br. trock.	0	7		23	10	17.4	35.0	1150	200		1133		
10	. . . .		30		17	30	15.8		850	425		736		
11	. . . .		47		13	10	16.8		650	113		640		
12	„ „ 110°	1	0		15	30	15.8		750	375		650		
13	. . . .		15		19	30	16.3		950	475		823		
14	. . . .		34	5	22	60			1100	953		550		1h 49 Bach nach 85° 2 m br. 0.3 tief
15	. . . .	2	1		27	60			900	779		450		2.0 km
16	Lagerplatz an einem Quellflusse des Kulischu . .	2	28				18.9	37.0						
		7	44	117 = 1h 57	347 = 5h 47					3674-1675 = 1999 = [$l \sin \alpha$]		14 605 = [$l \cos \alpha$]		

Schatten schneidet, erkennen, wann und wieviel sich seine Richtung ändert, ohne stets auf den Kompafs sehen zu müssen. In dichtem Urwalde versagt dieses Mittel, und auch das Peilen ist beschwerlich, da man nur ganz kurze Sichten hat. Hier empfiehlt sich vielleicht die akustische Methode, welche Houdaille und Macaire an der Elfenbeinküste verwendet haben. Sie liefsen einen Mann etwa 50—100 m vorausgehen, der auf einer schrillen Pfeife Signale gab; nach diesen Signalen gelang es, auf 50 m Entfernung die Richtung bis auf 1°, auf 100 m bis auf 2° und auf 500 m bis auf 10° genau zu treffen. Sonst hilft nur fleifsiges Peilen, Zählen der Schritte usw. Wesentlich besser wird natürlich die Aufnahme unter so ungünstigen Bedingungen, wenn man sie auf dem Rückwege nochmals macht; man ist dann wohl berechtigt, den zweiten Messungen ein doppelt so grofses Gewicht beizulegen wie den ersten.

Über die Art, wie man unterwegs die Beobachtungen notiert, sind die Meinungen geteilt. Ich habe bei sehr ausgedehnten Routenaufnahmen in Matto Grosso folgendes Verfahren bewährt gefunden: Man läfst auf die Seiten 1 und 3 eines einmal gefalteten Blattes das auf S. 117 stehende Formular autographieren, dessen Führung durch das eingesetzte Beispiel ohne weiteres klar ist. (Wer einen Schrittzähler benutzt, wird für diesen noch eine weitere Spalte nehmen.) Jeden Tag wird ein neues Quartblatt in das Feldbuch eingelegt und dort mit Hilfe einer am Rücken durchgezogenen Schnur festgehalten. Auf den Rückseiten des Formulars wird der Reiseweg skizziert, während im Feldbuche alle weiteren Notizen, Profile usw. eingetragen werden.

Die Routenskizze wird am untern Rande des Blattes angefangen und unter ungefährer Einhaltung der Entfernungen und der Winkel an den Bruchstellen gezeichnet; an jeder der letzteren wird die Nummer, unter welcher sie im Formulare eingetragen ist, angeschrieben. Kommt man durch eine vorher nicht erwartete Biegung des Weges vorzeitig an den Rand des Blattes, so fängt man eine neue Seite an und vergifst dabei nicht, dafs der Endpunkt auf der einen Seite mit dem Anfangspunkte auf der neuen übereinstimmen mufs. Ansteigender Weg wird durch $\smile$, fallender durch $\frown$ angedeutet. Gewässer werden mit Blaustift eingezeichnet und mit einem die Richtung ihres Laufes angebenden Pfeile versehen; Breite und Tiefe der Erosionsfurche werden im Feldbuche notiert.

Will man kein Formular der obigen Art verwenden, so wird man die Routenskizze in das Feldbuch oder in eines der bei Dietrich Reimer erschienenen Routenaufnahmebücher

zeichnen und die Zeiten und Peilungen an den Linienzug setzen; um Verwechslungen zu vermeiden, schreibt man stets die Zeiten links neben den Bruchpunkt, die Peilungen rechts der gepeilten Linie entlang; aufserdem gibt man am Rande die Marschgeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde an.

Das Gelände wird mit Rotstift durch Formlinien dargestellt. Notizen über Vegetation, Gestein usw. werden, soweit es der Raum erlaubt, gleich auf der Skizze oder im Feldbuche eingetragen.

Nur wenige Reisende werden imstande sein, täglich nach der Ankunft auf dem Lagerplatze das Itinerar auszuarbeiten, d. h. sauber zu zeichnen oder zu berechnen, so vorteilhaft dies auch für eine richtige Wiedergabe des Gesehenen ist. Es sollte aber keiner versäumen, wenigstens die Notizen nochmals durchzusehen und zu ergänzen, sowie die Namen und Zahlen mit Tinte oder flüssiger Tusche (letztere hat den Vorzug, sich nicht zu verwischen, wenn das Papier nafs wird) nachzuschreiben.

Für spätere Verwertung des Materials, namentlich durch andere Personen, ist es zur Vermeidung von Zweifeln nötig, in jedem Feldbuch und für die allenfalls gesondert verpackten Itenerarformulare baldigst Verzeichnisse der darin behandelten Wegestrecken mit Vermerk über deren Anschlüsse in anderen Feldbüchern aufzustellen.

§ 19. **Fehlertheorie der Kompafs-Itinerare.**

Die einfachen theoretischen Gesetze über Fehlerfortpflanzung in Kompafs-Itineraren sind für den Praktiker so wichtig und geben so wertvolle Fingerzeige, dafs wir im folgenden die Jordansche Ableitung derselben geben wollen.

Wir wollen ein ideales Itinerar annehmen, welches nahezu geradlinig sich in n gleich langen Strecken s auf die Entfernung S erstreckt, also:

$$S = ns, \quad n = \frac{S}{s} \tag{1}$$

Der mittlere Kompafspeilungsfehler sei $= \delta$, dann ist die mittlere Querabweichung m für die Strecke s gegeben durch:

$$m = s\delta \text{ oder } = s\,\frac{\delta^0}{\varrho^0} \tag{2}$$

je nachdem δ in analytischem Mafse oder δ^0 in Gradmafs genommen ist.

Setzt man nun n solcher Strecken zusammen, so ist, nach dem theoretischen Fehlerfortpflanzungsgesetz der Methode der kleinsten Quadrate, die mittlere Querabweichung M des letzten Punktes:

$$M = \sqrt{(s\delta)^2 + (s\delta)^2 + \ldots (s\delta)^2} = \sqrt{n\,(s\delta)^2} = s\delta\sqrt{n}$$

oder mit Einsetzung von n aus (1):

$$M = s\delta\sqrt{\frac{S}{s}} = \delta\sqrt{Ss} \qquad (3)$$

Zur Veranschaulichung mag ein Zahlenbeispiel dienen: Ein Tagesmarsch von 10 Stunden = 40 km sei halbstündig gepeilt, also $n = 20$ und $s = 2$ km, der mittlere Peilungsfehler sei $\delta^0 = \pm 10^0$, hiernach ist:

$$M = \frac{10^0}{57.3^0}\sqrt{40 \times 2} = \pm 1.56 \text{ km} \qquad (4)$$

Trotz der beträchtlichen Annahme $\delta^0 = \pm 10^0$ beträgt der Schlufsquerfehler doch nur etwa $1^1/_2$ km, d. h. auf einem West-Ost-Marsch kaum so viel als ein astronomischer Breitenfehler von 1′.

Aus dem mittleren Querabweichungsfehler (3) berechnet man auch den mittleren Richtungsfehler der Gesamtlinie L, nämlich:

$$\varDelta = \frac{M}{S} = \delta\sqrt{\frac{s}{S}} \text{ oder } = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \qquad (5)$$

Die Anwendung auf das Beispiel (4) gibt:

$$\varDelta = 10^0\sqrt{\frac{2}{40}} = \pm 2.2^0 \qquad (6)$$

Man sieht hieraus deutlich, wie günstig das fortgesetzte Peilen wirkt. Nach der zweiten Form von (5) nimmt der mittlere Richtungsfehler $\varDelta$ einer Linie S mit der Quadratwurzel aus der Anzahl der Peilungen ab.

Gutgeführte Itinerare pflegen so gut zu stimmen, dafs, wer sich zum erstenmal damit beschäftigt, sich wundern mufs. Die vorstehende Theorie macht das ganz begreiflich.

§ 20. Herstellung der Karte.

Die Wegstrecken s und die Kompafspeilungen α können mit Hilfe von Mafsstab und Strahlenzieher oder unter Benützung von Zeichenblättern, welche den auf Seite 117 er-

sichtlichen Vordruck haben, aufgezeichnet werden. Man erhält dadurch die Länge S und das magnetische Azimut α_0 der durch Anfangs- und Endpunkt des Tagesmarsches bestimmten Strecke. Legt man nun, unter Benützung der Mifsweisung, durch den Anfangspunkt 0 den astronomischen Meridian und projiziert den Endpunkt auf ihn, so kann man die gutgemachte Breite und Länge bestimmen. In Fig. 8 ist die Mifsweisung $w = +1^0\ 18'$; die Projektion $\overline{0.16'}$ der Strecke $\overline{0.16}$ auf den Meridian hat die Länge 14.55 km, die Projektion $\overline{16.16'}$ auf die Ost-Westrichtung hat die Länge 2.44 km. Dividiert man diese Zahlen mit der Gröfse einer Breiten- bezw. Längenminute unter der Mittelbreite 14° (Tafel II d. Anhangs), also mit 1.84 km bezw. 1.80 km, so erhält man als Breitenunterschied $\Delta\varphi = 7.9'$, und als Längenunterschied $\Delta\lambda = 1.3'$.

Dieses Verfahren reicht in den meisten Fällen aus und empfiehlt sich besonders demjenigen, der im Zahlenrechnen nicht besonders sicher ist; es kann aber nicht bestritten werden, dafs die Rechnung nach Koordinaten eine höhere Genauigkeit liefert.

Denkt man sich ein rechtwinkliges Koordinatensystem durch den Anfangspunkt der Itinerarstrecke, dessen $+X$-Achse der nördliche Zweig des magnetischen Meridians ist, und dessen $+Y$-Achse nach Osten läuft, so sind $s \cos \alpha$ und $s \sin \alpha$ die Projektionen der Strecken s auf die X- bezw. Y-Achse (vergl. Anhang, Tafel I, S. 152 und 153); bezeichnet man mit $[s \sin \alpha]$ und $[s \cos \alpha]$ die Summen aller dieser Projektionen, so ist

$$\operatorname{tang} \alpha_0 = \frac{[s \sin \alpha]}{[s \cos \alpha]} \text{ und}$$

$$S = \frac{[s \sin \alpha]}{\sin \alpha_0} = \frac{[s \cos \alpha]}{\cos \alpha_0} \text{ oder auch } S = \sqrt{[s \sin \alpha]^2 + [s \cos \alpha]^2}.$$

Bezeichnet nun w die Mifsweisung, b und l die Gröfse einer Breiten- bezw. Längenminute auf der Mittelbreite der Itinerarstrecke in Metern (Anhang Tafel II), so ist $\alpha_0 + w = A$ das astronomische Azimut der Strecke S und

$$\frac{S \cos A}{b} = \Delta\varphi \text{ der Breitenunterschied, } \frac{S \sin A}{l} = \Delta\lambda$$

der Längenunterschied des Anfangs- und Endpunktes.

Die Anwendung dieser Formeln auf unser Beispiel Seite 117 ergibt

$[s \sin \alpha] = + \ 1999$ m $\log 1999 = 3{,}30101$
$[s \cos \alpha] = + \ 14605$ m $\log 14605 = 4{,}16450$
$\alpha_0 = 7^0 48'$ $\log \operatorname{tg} \alpha_0 = 9{,}13651$
$\log \cos \alpha_0 = 9{,}99596$
$S = 14741$ m $\log S = 4{,}16854$

Der Beobachtung zufolge war $w = + 1^0 18'$, somit ist $A = 7^0 48' + 1^0 18' = 9^0 6'$. Aus Tabelle II des Anhangs ergibt sich für die Mittelbreite $\varphi = - 14^0$

$$b = 1843 \text{ m und } l = 1800 \text{ m}.$$

Daraus folgt

$$\frac{S \cos A}{b} = \frac{14741 \cos 9^0 6'}{1843} = 7.9' = \Delta \varphi$$

$$\text{und } \frac{S \sin A}{l} = \frac{14741 \sin 9^0 6'}{1800} = 1.3' \text{ Ost} = \Delta \lambda.$$

Das so konstruierte oder berechnete Itinerar bildet zusammen mit den astronomischen Ortsbestimmungen das Gerippe der Karte. Beide werden im allgemeinen verschiedene Resultate liefern, so dafs eine Ausgleichung zwischen ihnen erforderlich ist. Ein allgemeines Verfahren läfst sich dafür nicht angeben.

Am günstigsten liegt die Sache, wenn man das Itinerar zwischen fest bestimmten Punkten einzupassen hat; man behält dann die Lage der einzelnen Teile gegeneinander bei und dreht es so, dafs die Verbindungslinie der Endpunkte in die Linie der beiden Festpunkte fällt; hierauf wird der Fehler in der Entfernung durch proportionales Strecken oder Verkürzen weggeschafft.

Am häufigsten geht man von einem festbestimmten Punkte aus und führt das Itinerar, in Verbindung mit astronomischen Ortsbestimmungen, nach einem entfernten Punkte fort. Nun sind die direkten Breitenbestimmungen im allgemeinen verhältnismäfsig genau, während die Längenbestimmungen, wenn sie nicht mit ganz feinen astronomischen Hilfsmitteln gewonnen sind, wenig Vertrauen verdienen. Unter diesen Verhältnissen wird man der direkten Breitenbestimmung einerseits und der durch das Itinerar gelieferten Länge anderseits das gröfste Gewicht beilegen. Es wird Sache einer reiflichen Erwägung in jedem einzelnen Falle sein, im Hinblick auf die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen zu entscheiden, wieviel in der einen oder andern Beziehung nachgegeben werden darf.

Die Wahl des Mafsstabes der Karte hängt einerseits vom Gelände und anderseits von der Zeit ab, die man auf die

Aufnahme verwenden kann, also im wesentlichen von der Geschwindigkeit, mit der man reist. Man soll ihn nicht gröfser nehmen als notwendig ist, um alle aufgenommenen Einzel-

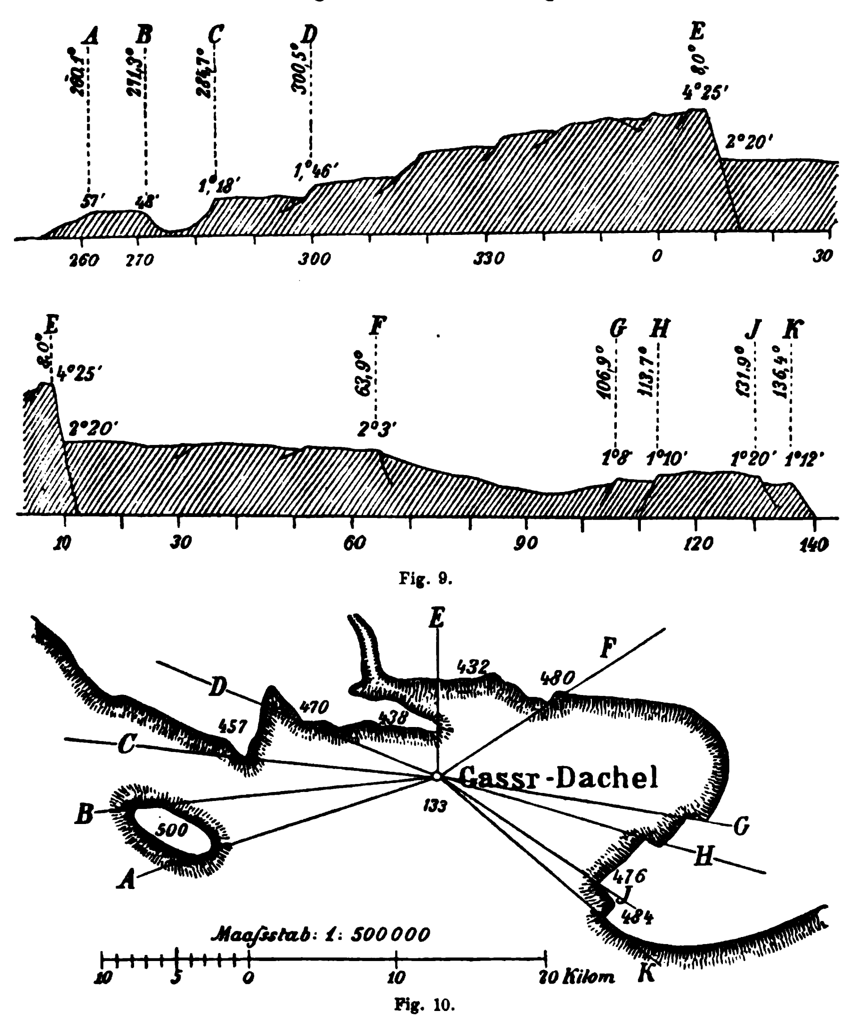


Fig. 9.

Fig. 10.

heiten darauf unterbringen zu können. Ein kleiner Mafsstab hat den Vorteil, dafs man Fernpeilungen auf das Blatt bringen und dadurch das Gelände in seinen grofsen Zügen leichter

feststellen kann. Wenn man in engen Tälern, auf Flüssen oder in dichtem Busche reist, wo nur kurze Peilungen möglich sind, empfiehlt sich bei der Itineraraufzeichnung zunächst ein gröfserer Mafsstab und nachfolgende Reduktion. Ich würde als gröfsten Mafsstab 1 : 50 000 empfehlen; in vielen Fällen wird 1 : 250 000 oder 1 : 500 000 genügen. Das schliefst nicht aus, dafs man bei Aufnahmen einzelner wichtiger Örtlichkeiten bis zu 1 : 5000 hinaufgeht.

Das Kartennetz kann mit Hilfe der Tabelle II des Anhanges mit genügender Genauigkeit hergestellt werden. Für tropische Gebiete kann man die Parallelkreise als parallele Gerade darstellen. Man zieht also durch die Mitte des Blattes eine vertikale Gerade als den mittleren Meridian, trägt auf ihr die der betreffenden Breite und dem Mafsstabe entsprechenden Längen der Meridiangrade auf und zieht durch die erhaltenen Punkte Senkrechte zum Mittelmeridian, welche dann die Parallelkreise darstellen. Auf dem obersten und untersten Parallelkreise trägt man nun vom Mittelmeridian nach beiden Seiten die ihnen entsprechenden Gradlängen ab; dann geben die Verbindungslinien entsprechender Punkte die Meridiane.

Für aufsertropische Gebiete zeichnet man das Antiparallelogramm, dessen parallele Seiten den Längen eines Grades auf den äufsersten Parallelkreisen und dessen nichtparallele Seiten der Länge der Meridianbogen swischen diesen entsprechen. Dieses Antiparallelogramm trägt man am Mittelmeridian beiderseits so oft als möglich an, indem man Kreisbogen beschreibt, deren Halbmesser die parallelen Seiten und die Diagonalen sind. Teilt man dann die Meridiane in einzelne Grade, so geben die Verbindungslinien entsprechender Teilpunkte die Parallelkreise.

§ 21. **Aufnahme des Geländes.**

Die während der Itineraraufnahme ausgeführten Peilungen werden es bis zu einem gewissen Grade ermöglichen, einen Lageplan des benachbarten Geländes herzustellen; um diese zu einem wirklichen Bilde derselben zu vervollständigen, bedarf man noch der Höhen der einzelnen Punkte, welche aus den Profilskizzen, Höhenwinkeln, Aneroidablesungen usw. in der früher besprochenen Weise abzuleiten sind. Doch auch diese können nur voll ausgenützt werden, wenn man die charakteristischen Linien des Geländes scharf zu Papier zu bringen versteht. Das vorzüglichste Hilfsmittel für die Geländeaufnahme ist die Photogrammetrie, von welcher der nächste

Abschnitt von Professor Finsterwalder handelt. Wo man länger Zeit hat, kann man durch Triangulierung (Seite 127) das Gerippe für einen Geländeabschnitt in vollständigster Weise festlegen.

Als Beispiel mögen die Figuren 9 und 10 dienen, welche in Verbindung mit der Figur 12 eine Aufnahme des Randgebirges der Oase Dachel durch Jordan darstellen.

Die eingeschriebenen Azimute, z. B. 260.1° bei *A*, sind magnetisch, welche durch Subtraktion von 7,4° Misweisung in astronomische verwandelt wurden; die übrigen Winkel, z. B. 4° 25′ bei *E*, sind mit dem Theodolit gemessene Höhenwinkel. Die in Figur 10 benutzten Entfernungen sind durch Triangulierung gewonnen.

Für eine flüchtige Aufnahme eines Gebietes von mäfsiger Ausdehnung (etwa 1 km) genügt vielfach der Kompafs in Verbindung mit dem Schrittmafs, wenn dazu noch Handrifszeichnungen nach dem Augenmafs gemacht werden. Figur 11, Seite 126 gibt Jordans Aufnahme der Oase Farafrah als Beispiel.

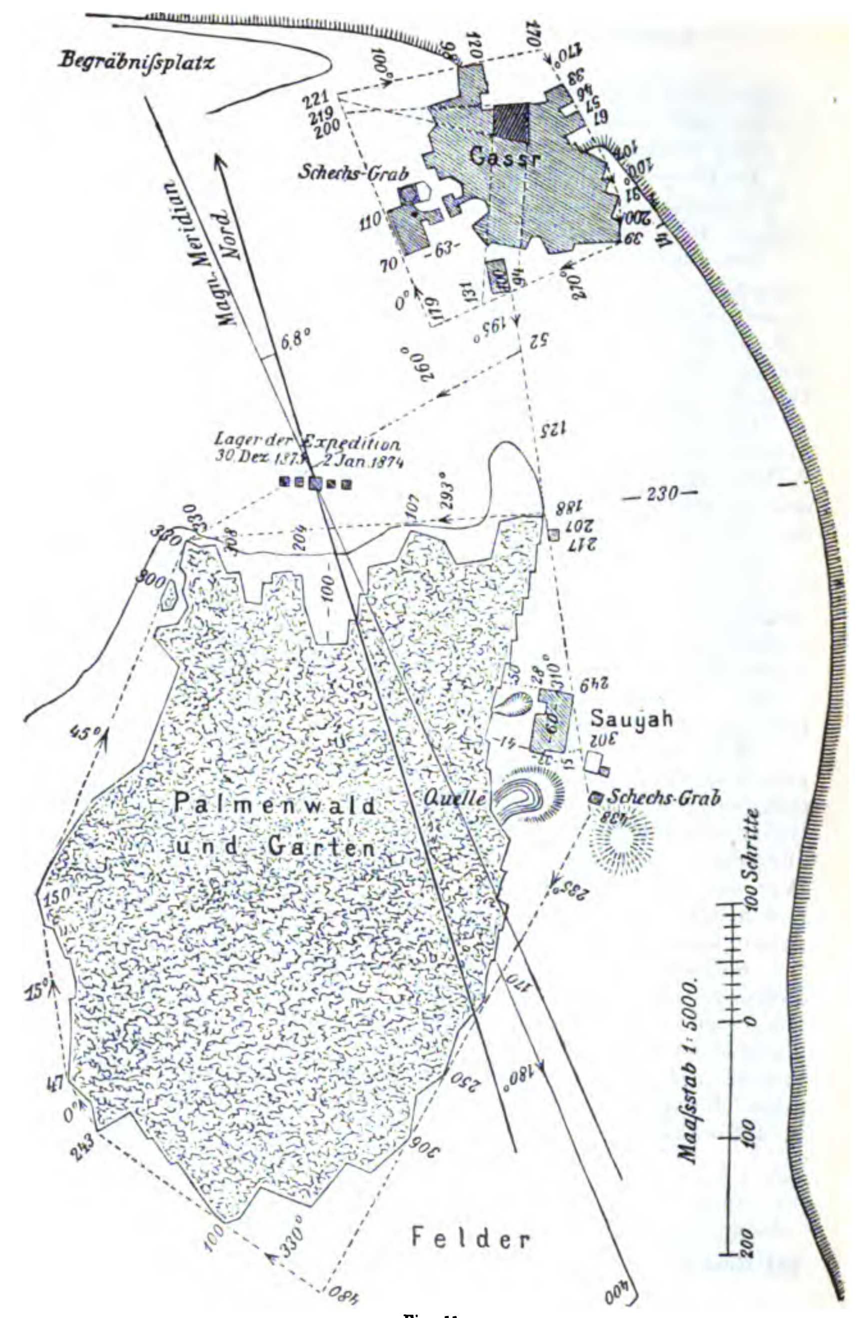
In der Figur 11 sind die Schrittmafse auf jeder Geraden durchlaufend eingeschrieben. Die mit dem Taschenkompafs ausgeführten Peilungen sind durch Pfeilspitzen mit beigeschriebenem Azimut angedeutet. Einzelne örtliche Schrittmafse sind durch beigesetzte Striche (z. B. — 60 — und — 33 — als Gebäudelängen) von den Mafsen des grundlegenden Polygons unterschieden.

Will man etwas genauer vorgehen, z. B. bei der Aufnahme eines Ruinenfeldes, so wird man zunächst ein oder mehrere grofse Dreiecke festlegen, welche das betreffende Gebiet einschliefsen und in diese dann eine Reihe von kleineren Dreiecken, deren Eckpunkte wichtige Punkte sind, einspannen. Wer nur über ein Bandmafs verfügt, wird alle Seiten messen und damit sehr gute Resultate erzielen können. Die weitere Arbeit kann dann mit dem Skizzierbrett gemacht werden.

Soll eine solche Aufnahme aufser der Situation auch die Höhen geben, so wird man die grofsen Dreiecke trigonometrisch aus einer Basis ableiten und die Detailaufnahme mit einem Tachymeter ausführen. Als Beispiel für das letztere Verfahren nennen wir die Aufnahme der Ruinenstadt Priëne in Kleinasien durch Kummer (Zeitschr. f. Vermessungskunde 1899, S. 473—491).

§ 22. Triangulierung.

Im allgemeinen spielt die Triangulierung bei Aufnahmen auf Reisen eine untergeordnete Rolle. Es ist ganz unmöglich,



Begräbnißplatz
Gassr
Schechs-Grab
Magn. Meridian
Nord
Lager der Expedition
30. Dez. 1873 – 2 Jan. 1874
Palmenwald
und Gärten
Quelle
Sauyah
Schechs-Grab
Felder
100 Schritte
Maafsstab 1 : 5000.

Fig. 11.

den Zusammenhalt der Itinerare durch Triangulierung zu erlangen und auch bei zeitweiligem Aufenthalt an demselben Orte, wo sich durch Messung einer kleinen Basis und etlicher Winkel eine gute Grundlage schaffen läfst, kann man gewöhnlich nicht daran denken, auf den Hauptpunkten Signale aufzustellen. Im wesentlichen mufs man sich mit den natürlichen Zielpunkten, Bergspitzen, Felsvorsprüngen, einzelnen Bäumen, etwaigen hervorragenden Gebäuden usw. begnügen, ohne vorhergehende Erkundigungen sofort messen und nachher aus den zerstreuten Messungen das zusammensetzen, was sich in Dreiecken vereinigen läfst.

Als Beispiel für eine derartige Arbeit, bei welcher es genügt, die Winkel auf 1′ genau abzulesen, geben wir im folgenden die Triangulierung des Oasenkessels von Dachel, wie sie Jordan am 11. und 15. Januar 1874 ausgeführt hat.

Auf einem Hügel nördlich der Stadt Dachel wurde ein Basisdreieck $(A)(B)(C)$ ausgewählt (Fig. 12), $(A)(B) = 305.00$ m und (B) $(C) = 117.10$ m mit einem Stahlband gemessen, dazu mit dem Theodolit die drei Winkel:

$$(A) = 22^0\ 11',\ (B) = 78^0\ 8',\ (C) = 79^0\ 41'; \qquad (1)$$

damit werden die beiden gemessenen Seiten unter sich trigonometrisch kontrolliert und auch die dritte Seite bestimmt:

$$(A)\,(B) = 305.00\,\text{m},\ (B)\,(C) = 117{,}05\,\text{m},\ (A)\,(C) = 303.39\,\text{m} \quad (2)$$

Aus besonderen Gründen (Zusammenwirkung mit einer photographischen Aufnahme) wurde in der Nähe von (A) ein zweiter Punkt P_1 gewählt, im Abstand $(A)\,P_1 = 20.00$ m, welcher gewissermafsen als exzentrischer Punkt neben (A) zu betrachten ist.

Es wurden vier feste Punkte ins Auge gefafst:

W = Wohnhaus der Expedition,
I = westliches Minaret der Stadt Dachel,
II = mittleres „ „ „ „
III = östliches „ „ „ „

Diese Punkte sind je dreifach von (A) (B) (C) oder P_1 angezielt, und für alle acht Punkte wurde nun ein Koordinatensystem gewählt mit (A) als Nullpunkt, $+X$ nach Norden, $+Y$ nach Osten. Das Anfangs-Azimut $[(A)\ (B)] = 23^0\ 35'$ wurde hierbei durch den Theodolitkompafs erhalten, dessen Mifsweisung zuvor astronomisch bestimmt war. Die Koordinatenberechnung ergab folgendes:

Punkt	Ordinate y	Abszisse x
(A)	0,0 m	0,0 m
P_1	+ 19,8 „	+ 3,1 „
(B)	+ 122,1 „	+ 279,6 „
(C)	+ 217,5 „	+ 211,7 „
I	+ 78,3 „	— 349,5 „
II	+ 230,8 „	— 330,6 „
III	+ 358,9 „	— 299,7 „

(3)

Zur Weiterausdehnung des Netzes bot sich ein Punkt P_2 auf einem Hügel nordöstlich. Derselbe wurde aus zwei Dreiecken mit je zwei Winkeln bestimmt:

aus dem Dreieck $P_2\,P_1$ III $y_2 = +\,724.4$ $x_2 = +\,364.8$
„ „ „ $P_2\,P_1$ II $y_2 = +\,725.6$ $x_2 = +\,365.3$ (4)
Mittel P_2 $y_2 = +\,725.0$ $x_2 = +\,365.0.$

Nachdem auch P_2 mit einer Palmrippe weit sichtbar gemacht war, fand sich später auf einer Düne im Südwesten ein Punkt P_3, von dem aus nahezu alles Bisherige sichtbar war. Bei regulärer Triangulation würde P_3 vor den Messungen auf P_1 und P_2 aufgesucht und bebakt worden sein, und es wären die Zielungen $P_1\,P_3$ sowie $P_2\,P_3$ vorhanden. Da dieses bei uns nicht der Fall ist, kann P_3 nur pothenotisch ziemlich ungünstig berechnet werden. Die Zielungen von P_3 nach P_1, II und P_2 gaben pothenotisch

$$P_3\ y_3 = -\,329.0 \qquad x_3 = +\,1780.0.$$

Eine Probe schien hier sehr nötig; eine solche wurde durch die Azimute des Theodolitkompasses gewonnen, und die darauf gegründeten Dreiecksberechnungen P_1, P_2, P_3 und I, III, P_3 gaben nur Abweichungen von 1—2 m gegen die pothenotische Bestimmung, so dafs im Mittel genommen wurde:

$$P_3 \quad y_3 = -\,330.0 \text{ m}, \quad x_3 = +\,1780.0 \text{ m}. \qquad (5)$$

Die Einschneidung und Berechnung für eine einzelne hohe Palme östlich in der Stadt, eines grofsen Schech-Grabes nordöstlich und des Cailliaudbaumes westlich in der Wüste konnten nun ohne Schwierigkeit gemacht werden.

Nun war ein Basisdreieck P_1, P_2, P_3 mit Seiten von 1—2 Kilometer Länge bestimmt, und auf dieser Basis konnte man hoffen, die etwa 10 km entfernten Gebirgsecken des Oasenkessels trigonometrisch zu erfassen.

Da das Gebirge völlig vegetationslos ist, war Anzielen ohne künstliche Signalisierung wohl möglich; die Punkte wurden in perspektivischen Handrissen von der Art von Fig. 9, Seite 123 mit A, B, C, D, E, F, G, H, J, K be-

zeichnet, und so von den verschiedenen Standpunkten aus wieder erkannt.

Um die Genauigkeit zu veranschaulichen, bezw. um Nachrechnung zu ermöglichen, geben wir die orientierten Abrisse der Messungen, auch zum Teil für (*A*) (*B*) (*C*), und nachher die Koordinaten.

Die Höhen beziehen sich auf die barometrisch bestimmte Höhe des Expeditionshauses *W* als Ausgangspunkt und sind zwischen *W*, (*A*), P_1, P_2, P_3 trigonometrisch übertragen, was leicht zu machen war. Zuerst haben wir die Abrisse für (*A*), (*B*) und (*C*).

Standpunkt (*A*)		Standpunkt (*B*)		Standpunkt (*C*)	
E	0° 58′	(*C*)	125° 25′	Schech	122° 39′
(*B*)	23 35	*J*	125 46	*J*	125 44
(*C*)	45 50	*K*	130 10	*K*	130 11
P_1 (20.0 m)	81 12	III	157 46	Palme	147 31
Schech	102 46	II	169 56	III	164 33
Palme	119 43	(*A*)	203 35	II	178 34
III	129 52	*A*	251 56	I	193 56
II	145 5	*B*	263 6	*W*	202 9
W	162 36	*E*	359 1	(*A*)	225 42
I	167 23			*A*	252 14
				B	263 19
				(*B*)	305 36
				E	357 28

Abrisse für P_1, P_2 und P_3, a = Azimut, h = Höhenwinkel.

Standpunkt P_1 H = 133 m			Standpunkt P_2 H = 132 m			Standpunkt P_3 H = 104 m		
	a	*h*		*a*	*h*		*a*	*h*
E	0° 38′	+ 4° 25′	*E*	348° 52′	+ 4° 42′	*E*	4° 0′	+ 3° 16′
E′		+ 2 20	*E′*	351 18	+ 2 31	*E′*	5 20	+ 2 2
F	56 51	+ 2 3	*F*	55 46	+ 2 15	P_1	11 6	+ 0 52
Schech	85 32	− 4 40	*G*	101 13	+ 1 10	I	15 56	+ 0 21
G	99 34	+ 1 8	*H*	108 16	+ 1 6	II	21 9	+ 0 27
H	106 20	+ 1 10	*J*	127 34	+ 1 26	III	24 57	+ 0 24
Palme	120 48	− 1 48	*K*	131 56	+ 1 16	P_2	26 12	+ 0 38
J	124 32	+ 1 20	III	208 49	− 1 12	*F*	48 38	+ 1 53
K	129 4	+ 1 12	II	215 25	− 1 8	*G*	. .	. .
III	131 43	− 2 11	Schech	216 19	− 5 19	*H*	99 21	+ 1 10
II	147 37	− 2 24	I	222 12	− 1 6	*J*	116 55	+ 1 33
I	170 30	− 3 12	W	230 32	− 1 44	*K*	122 33	+ 1 26
C-Baum	229 48	− 1 32	C-Baum	235 2	− 0 54	C-Baum	232 41	− 0 7
A	252 44	+ 0 57	P_1	242 50	− 0 1	*A*	258 29	+ 1 6
B	264 1	+ 0 48	*A*	252 19	+ 0 56	*B*	269 38	+ 0 54
C	277 18	+ 1 18	*B*	268 0	+ 0 44	*C*	285 12	+ 1 24
D	298 6	+ 1 46	*C*	275 25	+ 1 12	*D*	302 47	+ 1 40
			D	289 27	+ 1 50			

Mit diesen Angaben kann man die ganze Triangulierung, soweit sie auf Figur 12 (S. 132) dargestellt ist, berechnen, bezw. die im nachfolgenden angegebenen Schlufsresultate nachrechnen. Diese Schlufsresultate sind als Koordinaten auf den Anfangs-

punkt W, d. h. das Wohnhaus der Expedition reduziert worden, mit $+x$ nach Norden, $+y$ nach Osten, wie die folgende Tabelle zeigt:

Punkt	Ordinate y	Abszisse x	Höhe über dem Meer	Bemerkungen
Wohnhaus der Expedition W.	± 0 m	± 0 m	108 m	Erdfläche am Haus = 100 m
Basispunkt (A)	— 57	+ 183	133	
„ (B)	+ 65	+ 463	133	
„ (C) . . .	+ 160	+ 395	133	
Trig. Standpunkt P_1	— 37	+ 186	133	
„ P_2 . . .	+ 668	+ 548	132	
„ P_3 . . .	— 387	— 1597	104	
Minerat I	+ 21	— 166	115	Spitze
„ II	+ 174	— 148	118	„
„ III	+ 302	— 117	118	„
Grofses Schechs-Grab . . .	+ 429	+ 222	106	Boden = 97 m
Einzelne Palme	+ 496	— 132	116	Spitze
Cailliaud-Baum	— 923	— 563	104	Boden
Edmonstone A	— 16 024	— 4783	436	Rücken des Berges 485 m
„ B	— 17 922	— 1712	407	
Dschebel-Lifte C . . .	— 13 097	+ 1858	442	
„ D	- 9 240	+ 4030	455	
„ E	+ 2	+ 3931	423	
Amphitheater F	+ 7 663	+ 5255	465	
„ G	+ 17 123	— 2712	496	
Dschebel-Dschefata H . .	+ 14 490	— 4050	440	
„ J . . .	+ 10 876	— 7313	461	
„ K . . .	+ 11 523	— 9199	469	

Über die Genauigkeit dieser Resultate kann insofern gut Rechenschaft gegeben werden, als jeder Punkt aus mindestens zwei Dreiecken berechnet worden ist.

Schon die Abrisse auf Seite 129 geben durch die Azimutdifferenzen als Parallaxen zu erkennen, ob die Schnitte an den entfernten Zielpunkten mehr oder weniger spitz sind.

Wir wollen die Parallaxen, mittleren Entfernungen und Koordinatenwidersprüche für drei Punkte beispielshalber zusammenstellen:

Punkt	Berechnungsbasis	Mittlere Entfernung	Parallaxe	Koordinaten-Widersprüche Δy	Δx
A	$P_3\,P_1$	16.4 km	5° 45′	2 m	2 m
A	$P_3\,P_2$	16.7 „	6° 10′		
E	$P_1\,P_2$	3.4 „	11° 46′	2 „	18 „
E	$P_3\,P_2$	4.5 „	15° 8′		
K	$P_1\,P_3$	14.5 „	6° 31′	31 „	12 „
K	$P_2\,P_3$	14.3 „	9° 23′		
	Mittel	11.6 km	9° 7′	± 11 m	

Diese zufällig herausgegriffenen Angaben charakterisieren auch die Genauigkeit im ganzen. Wenn hiernach bei den fernen Gebirgsecken ohne künstliche Signalisierung mittlere Koordinatenfehler von rund 10 m vorkommen, so ist das so günstig, als je zu erwarten war. Solche Fehler sind beim Auftragen einer geographischen Karte verschwindend.

Wenn man etwa noch fragt, ob alle die vorgelegten Winkelmessungen (Seite 129—130) nicht auch rein graphisch mit dem Strahlenzieher hätten verwertet und dadurch viele Rechenarbeit hätte erspart werden können, so ist diese Frage zu verneinen. Die trigonometrische Berechnung macht allerdings viel mehr Mühe als die Zeichnung, allein diese Mühe lohnt sich reichlich in der Sicherheit und weiteren Verwertbarkeit der Resultate in beliebigem Mafsstab. Strahlenschnitte mit Parallaxen von 5°—10° sind in der Zeichnung sehr mifslich und führen zu fortgesetztem Ändern und Probieren.

Anders als im Vorhergehenden geschildert ist die Sache, wenn es die Aufgabe eines Reisenden ist, eine gröfsere Fläche zu triangulieren oder eine Dreieckskette von einem Punkte zu einem zweiten zu führen, wie dies bei den Grenzvermessungen in den Kolonien in den letzten Jahren wiederholt geschah. Da der Beobachter in diesem Falle bereits in der Heimat auf die besondere Aufgabe vorbereitet sein wird, so können wir uns mit einigen Bemerkungen über die Basismessung und über die Signale begnügen.

Ist man imstande Breitenbestimmungen zu machen, die auf wenige Sekunden genau sind, so wäre es in einem Gelände, wo man genügende Fernsicht hat, am einfachsten, eine astronomische Basis zu benutzen; zu diesem Zwecke würde man an zwei möglichst entfernten und möglichst auf demselben Meridiane gelegenen Punkten die Breiten und gegenseitigen Azimute durch astronomische Beobachtungen bestimmen, daraus ihre Entfernung berechnen und dann diese beiden Punkte als Basisendpunkte verwerten. Jedoch mufs von diesem manchmal benutzten Verfahren abgeraten werden, weil die Genauigkeit dieser Basis an sich nicht sehr grofs sein kann (auf 60 km bei einem Breitenfehler von 4″ zu je 30 m etwa 1 : 500), und weil die Lotstörungen, welche besonders an den Rändern von Einbruchsgebieten, in Faltungsgebirgen und in grofsen Vulkangebieten nicht selten sind, sehr schädlichen Einflufs ausüben können. Als Beweis für letzteres ist anzuführen, dafs Kohlschütter zwischen Kambwe und Langenburg in Ostafrika auf eine Entfernung von 41 km eine Lotstörung von 0,6′, entsprechend einer Entfernung von 1100 m, feststellte[1]).

Wo es das Gelände erlaubt, ist es am einfachsten und genauesten, die Basis unmittelbar und wiederholt zu messen.

[1]) Vergl. Verhandlungen des 13. deutschen Geographentages und Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten XIII (1900).

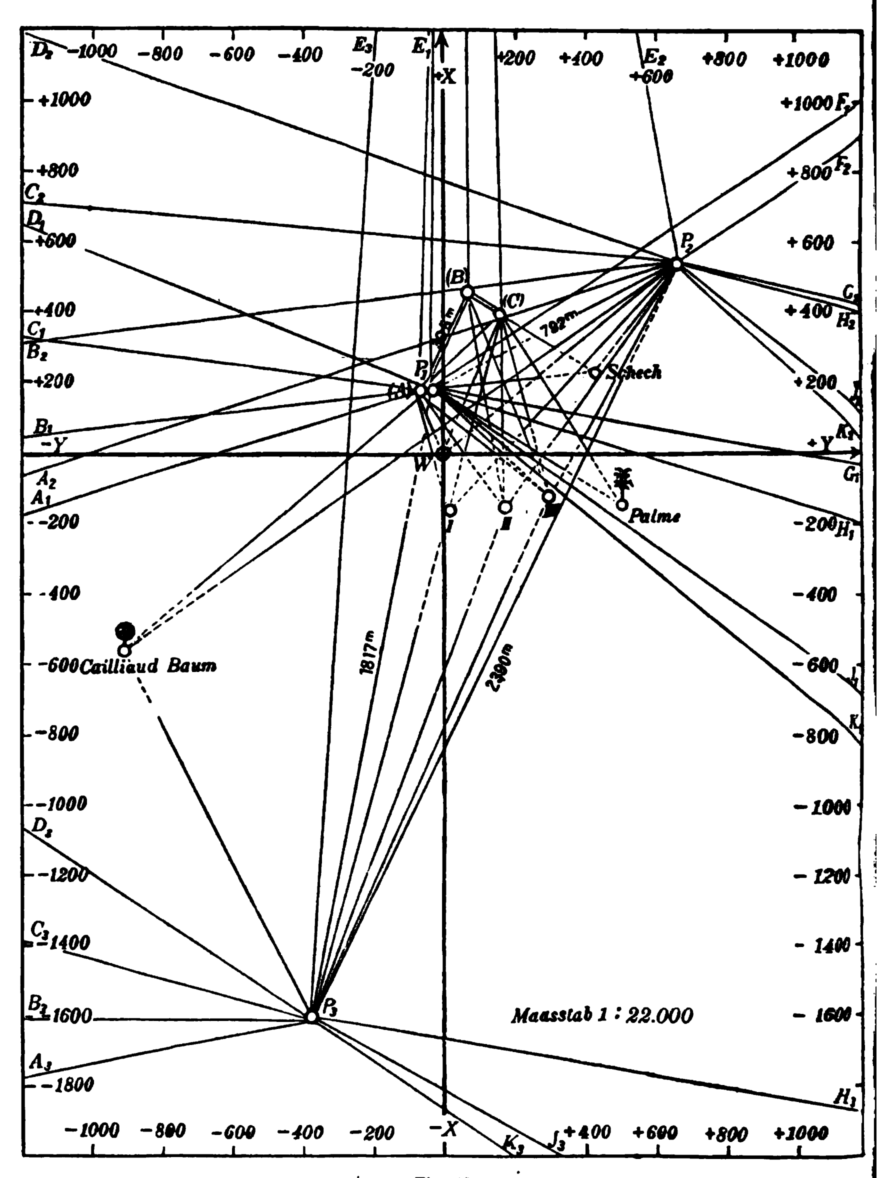

Caillaud Baum
Scheck
Palme
Maasstab 1 : 22.000
1817m
2390m
792m

Fig. 12.

Die Hilfsmittel dazu haben wir auf S. 78—84 besprochen. Es wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs bei den an die Basis anschliefsenden Winkelmessungen eine sorgfältige Zentrierung von besonderer Wichtigkeit ist. Am Ende einer Dreieckskette ist womöglich eine Kontrollbasis zu messen und an die Kette anzuschliefsen.

Zeitraubend und manchmal schwierig ist die Aufstellung der Signale. In Ostafrika haben sich für grofse Entfernungen (bis zu 80 km) drei oder vierseitige Pyramiden von 5—6 m Höhe aus Bäumen oder Bambus (gut verankert) mit einer Grundfläche von 2—3 m Seite als zweckmäfsig erwiesen; der obere Teil wird bei hellem Hintergrunde mit Gras, dunklem Stoff oder Zweigen, bei dunklem mit weifsem Stoffe verkleidet. Die Verkleidung reicht nur so weit herunter, dafs die Zielungen bei zentrisch unter dem Signale aufgestelltem Instrumente nicht behindert sind. Das Zentrum der Station ist der Kreuzungspunkt der Seitenkanten, welcher auf dem Boden durch einen festen Pfahl bezeichnet wird, dessen Stellung man durch Abloten bestimmt. Sonst können auch die Stämme einzelner Bäume, welche man beim Abholzen der Bergkuppen stehen liefs, als brauchbare Signale dienen. Auf kurze Entfernungen (1—5 km) genügt zur Kenntlichmachung einzelner Bäume ein Umwickeln des Stammes mit weifsem Papier oder Stoff. Wer über genügend brauchbare Hilfskräfte verfügt, kann durch Benutzung von Heliotropen Signalbauten ersparen (vergl. den Abschnitt: Nautische Vermessungen Nr. 2).

§ 23. **Polygonzüge.**

Nicht selten ist wegen zu dichter Bewaldung in flachem Gelände oder wegen der Schwierigkeiten, die einer Besteigung von Berggipfeln entgegenstehen oder wegen des durch Abbrennen des Kampes entstehenden Höhenrauches die Triangulierung erschwert oder unmöglich. In solchen Fällen kann man sich der Polygonzüge bedienen.

Man läfst, wo dies nötig ist, 2—3 m breite Schneufsen durch den Wald schlagen und vom Unterholz säubern und vermarkt die Bruchstellen mit Baken; die Entfernungen werden mit dem Mefsband oder Mefsdraht, unter Berücksichtigung der Temperatur und der Neigung der einzelnen Bandlagen bestimmt. Die Winkel können mit dem Theodolit oder einem Bussoleninstrument gemessen werden. Mit dem Theodolit erzielt man eine höhere Genauigkeit, insbesondere bei gröfseren Seiten-

längen. Als Brechungswinkel gilt von den zwei sich zu 360° ergänzenden Winkeln zwischen zwei Strahlen stets derjenige, welcher vom vorhergehenden zum folgenden Punkte im Sinne des Uhrzeigers durchlaufen wird (Figur 13).

Mit einem Bussoleninstrument geht die Arbeit rascher vonstatten, besonders wenn man immer einen Bruchpunkt überspringt (was aber nicht zu empfehlen ist). Aufserdem hat man dabei den Vorteil, dafs ein Fehler in der Ablesung eines Winkels nicht wie beim Theodolitzug das ganze Polygon, sondern nur die betreffende Strecke um den Messungsfehler verdreht. Als Nachteil hat man in den Kauf zu nehmen, dafs man von der örtlich und zeitlich wechselnden Mifsweisung abhängig ist, welche an einzelnen Orten so abnorme Werte annehmen kann, dafs man die Bussole gar nicht verwenden kann.

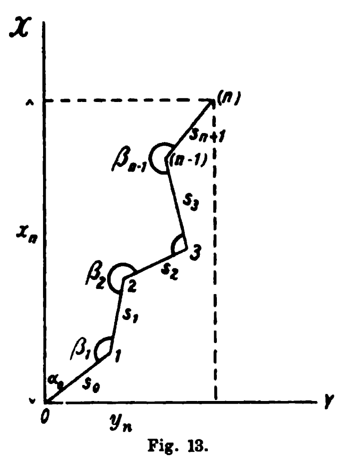


Fig. 13.

Die Bussole liefert die magnetischen Azimute und nach Anbringung der Mifsweisung die astronomischen Azimute α direkt. Bei der Theodolitmessung hat man das astronomische Azimut mindestens einer Strecke zu bestimmen, bei ausgedehnten Zügen wird man nach je 10 bis 15 km eine sorgfältige Azimutbeobachtung machen. Angenommen α_0 ist das Azimut der ersten Strecke s_0, so erhält man die astronomischen Azimute α_1, α_2 ... der übrigen aus den gemessenen Polygonwinkeln β_1, β_2 ... durch die Gleichungen

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \beta_1 \pm 180^\circ, \quad \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 \pm 180^\circ, \ldots.$$
$$\alpha_{n-1} = \alpha_{n-2} + \beta_{n-1} \pm 180^\circ,$$

in welcher das obere oder untere Vorzeichen von 180° zu nehmen ist, je nachdem die vorhergehende Summe kleiner oder gröfser als 180° ist.

Legt man durch den Ausgangspunkt 0 ein Koordinatensystem, dessen + X-Achse mit dem nördlichen Zweig des Meridians zusammenfällt und dessen + Y-Achse nach Osten gerichtet ist, so erhält man die Koordinaten der einzelnen Punkte durch die Gleichungen

$$
\begin{array}{ll}
x_0 = 0 & y_0 = 0 \\
x_1 = x_0 + s_0 \cos \alpha_0 & y_1 = y_0 + s_0 \sin \alpha_0 \\
x_2 = x_1 + s_1 \cos \alpha_1 & y_2 = y_1 + s_1 \sin \alpha_1 \\
\vdots & \vdots \\
x_n = x_{n-1} + s_{n-1} \cos \alpha_{n-1} & y_n = y_{n-1} + s_{n-1} \sin \alpha_{n-1} \\
\hline
\text{Probe: } x_n = [s \cos \alpha] & \text{Probe: } y_n = [s \sin \alpha].
\end{array}
$$

Die Strecken x_n und y_n kann man durch Division mit der Länge des Meridian- bezw. Parallelkreisbogens von 1′ unter der dem Polygonzuge entsprechenden Mittelbreite in Minuten, Breite und Länge verwandeln (Anhang Tafel II); dadurch erhält man dann aus der Breite φ_0 und der Länge λ_0 des Ausgangspunktes die Breite und Länge des Endpunktes des Zuges. Bei beträchtlicher mittlerer Meereshöhe H und grofser Zuglänge wird eine vorgängige Reduktion der Entfernungen auf den Meeresspiegel (durch Multiplikation mit $\frac{r}{r+H}$, wo $r = 6370000$ m ist) erforderlich sein. Bei längerer ost-westlicher Erstreckung der Theodolitzüge sind aufserdem noch die Beträge der Meridional-Konvergenz zu berücksichtigen.

§ 24. Flufsaufnahmen.

Da Flufsläufe und Rückenlinien von Gebirgen die Form des Geländes im wesentlichen bestimmen, so ist deren gute Kartierung von besonderer Wichtigkeit und auf alle Fälle nützlicher als die Festlegung eines Pfades, der vielleicht nach wenigen Jahren wieder vollständig verwachsen ist.

Zur ungefähren Messung kleinerer Flufsbreiten kann man sich des Gefällmessers (§ 27) bedienen. Ist h die Höhe des Auges über dem Wasserspiegel, α die Depression der Wasserlinie am jenseitigen Ufer in Graden, so ist die Flufsbreite $b = h \operatorname{cotg} \alpha = \frac{57.3^0 \, h}{\alpha^0}$. Für eine gröfsere Breite bedient man sich eines Distanzmessers oder bestimmt sie als Kathete eines rechtwinkeligen Dreiecks, dessen andre Kathete man dem Ufer entlang mifst und dessen Winkel etwa mit dem Peilkompafs gemessen wird. Wer über ein Spiegelinstrument verfügt, schickt ein Kanu von bekannter Länge an das jenseitige Ufer, mifst dessen scheinbare Länge α und berechnet daraus die Breite.

Die Aufnahme des Flufslaufes ist eine einfache Polygonzugmessung, wenn man in oder am Bett entlang gehen kann; in den meisten Fällen wird man aber die Arbeit im Boote zu machen haben. Die Schwierigkeit liegt dann in der Be-

stimmung der Entfernungen. Die besten Resultate erhält man natürlich, wenn man sie mittels Distanzmessers von einem Bruchpunkte zum andern mifst. Der Schaubsche Distanzmesser[1]) dürfte dazu besonders zweckmäfsig sein; auch ein Spiegelsextant oder Prismenkreis mit Winkelablesung von 10″ oder 20″ leistet gute Dienste. Die Mannschaft eines vorausfahrenden Bootes stellt eine mit zwei Zieltafeln versehene, möglichst lange Latte horizontal oder lotrecht auf, und der Beobachter bestimmt im nachfolgenden Boote, welches während der Messung festgelegt wird, den entsprechenden Sehwinkel. Nach der Ablesung, welche durch ein Signal angezeigt wird, bezeichnet das Lattenboot den Aufstellungspunkt der Latte genügend genau und fährt dann an die nächste Station.

Läfst man dem Beobachtungsboote ein anderes Boot vorausfahren, das durch eine straffgehaltene Leine oder Cipó von bekannter Länge mit ihm verbunden ist, so kann man sich dadurch besonders in vielgewundenen Gewässern leidliche Entfernungsbestimmungen verschaffen.

In den meisten Fällen wird die Fahrzeit das Mafs der Entfernung geben; die Geschwindigkeit des Bootes mufs dann bei verschiedenen Stromgeschwindigkeiten durch Abfahren von gemessenen Strecken bestimmt werden. Die Aufnahme bei der Bergfahrt bietet den Vorteil, dafs man wegen der langsamen Fahrt Zeit zu den einzelnen Arbeiten hat; dagegen hängt die Geschwindigkeit der Fahrt nicht nur von der Stromgeschwindigkeit, sondern ganz besonders vom Stande der Ermüdung der Ruderer ab, was bei der Talfahrt in viel geringerem Grade der Fall ist. Bei grofsen Stromgeschwindigkeiten hat man wohl überhaupt keine Zeit, Entfernungen zu messen; man sei in diesem Falle nicht ängstlich; peilt man nur die Richtungen fleifsig mit Aufschreibung der Zeit, so erhält man immerhin ein leidliches Bild der verschiedenen Windungen; die strenge Richtigkeit im Mafsstabe ist von untergeordneter Bedeutung, da die Fehler bei der Reduktion auf die kleinen Mafsstäbe geographischer Karten gewöhnlich verschwinden. Man versäume nicht, möglichst häufig Breitenbestimmungen zu machen.

Geht die Fahrt nicht zu rasch vonstatten, so wird man, im Fahrzeuge sitzend, die Peilungen und Entfernungen gleich auf dem Zeichenbrette auftragen, und die Flufsbreiten, Sandbänke, Untiefen, seitlich mündenden Zuflüsse, Altwässer usw. einzeichnen, sowie Notizen über Form und Bewaldung der Ufer und über die geologischen Verhältnisse machen.

---

[1]) Vergl. Handbuch der nautischen Instrumente S. 354.

Die Höhe von Wasserfällen und das Gefälle in längeren starken Stromschnellen ist trigonometrisch oder durch einfaches Nivellement zu bestimmen. Die Höhen der höchsten Hochwassermarken am Ufer und am Gebüsche über dem jeweiligen Wasserstande sind zeitweise zu messen.

Um Aufschlufs über die Wassermenge zu erhalten, hat man an einer möglichst geradlinigen Strecke das Profil des Flusses und die Wassergeschwindigkeit zu bestimmen. Man vermarkt ungefähr in der Mitte dieser Strecke die Linie, in welcher das Profil gemessen werden soll, auf beiden Ufern, und zwar da, wo man weiter hinausschauen kann, beiderseits mit zwei Baken, an deren Deckung das messende Boot erkennt, dafs es sich auf der Profillinie befindet. Auf dieser Linie ist eine Reihe von Tiefen zu messen. Der Abstand des messenden Bootes vom Ufer wird mittels Distanzmessers (Spiegelinstrument) oder trigonometrisch vom Ende einer am Ufer abgelesenen Standlinie aus bestimmt.

Will man eine genaue Profilaufnahme machen, so spannt man eine in gleichen Abständen mit Schwimmern versehene Leine oder verzinkte Stahlschnur über den Flufs und mifst die Tiefe an den durch die Schwimmer bestimmten Punkten. Man erhält auf diese Weise das Profil als eine Reihe von Trapezen.

Die Tiefenmessung selbst kann bei geringen Tiefen und geringer Stromgeschwindigkeit mittels einer in Dezimeter geteilten Stange geschehen; unter schwierigeren Verhältnissen verwendet man ein Lot an einer dünnen verzinkten und gemarkten Stahlschnur unter Berücksichtigung des Winkels, unter welchem das Lot durch die Strömung abgetrieben wird.

Die Messung der Stromgeschwindigkeit geschieht am genauesten mit Hilfe des Woltmanschen Flügels[1]), der auch am Lote befestigt werden kann. Man mifst damit an den Mittelpunkten der vorhin genannten Trapeze die Geschwindigkeiten. Die Summe der Produkte aus den Flächeninhalten der Trapeze und der zugehörigen Geschwindigkeiten liefern dann die Wassermenge, welche in der Sekunde durch das Profil fliefst. Hat man keinen Woltmanschen Flügel, so begnügt man sich mit der Messung der Geschwindigkeiten an der Oberfläche, indem man in gleichen Entfernungen ober-

[1]) A. Ott in Kempten (Bayern) fertigt eine für Reisezwecke sehr praktische Form an in Holzkästchen von 23×10×3.5 cm, Gewicht 0.65 kg, Preis 70 Mk.

halb und unterhalb des aufgenommenen Profils je eine Parallele zu diesem aussteckt und die Zeiten beobachtet, welche mehrere auf die Flufsbreite verteilte Schwimmer brauchen, um von der oberen Parallele zur unteren zu gelangen. Aus der mittleren Oberflächengeschwindigkeit kann man dann die mittlere Stromgeschwindigkeit berechnen. Macht man nur eine Geschwindigkeitsmessung im Stromstrich, so kann man $^4/_5$ dieses Wertes als mittlere Stromgeschwindigkeit in Rechnung setzen.

Will man das Arbeitsvermögen eines Flusses an einem Wasserfalle abschätzen, so bestimmt man die Zahl Q der Kubikmeter, welche in der Sekunde ein oberhalb gelegenes Profil durchfliefsen und den Höhenunterschied h (in Metern) zwischen den Wasserspiegeln oberhalb und unterhalb des Wasserfalles; dann ist das Arbeitsvermögen gleich

$$\frac{1000\,Q\,h}{75} = 13.3\,Q\,h \text{ Pferdestärken.}$$

Mufs man die Aufnahme in einem Boote mit gröfseren Eisenmassen, z. B. in einem Motorboote machen, so wird man die Richtungen an einem mittschiffs fest angebrachten Kompafs oder am Steuerkompafs selbst ablesen. Infolge der Einwirkung des Eisens erleidet aber jeder Kompafs an Bord eine örtliche Ablenkung (Deviation), welche besonders bestimmt werden mufs. Man bezeichnet sie als östlich oder positiv, wenn das Nordende der Nadel nach Osten aus dem magnetischen Meridian abgelenkt wird, als westlich oder negativ im entgegengesetzten Falle. Sie ändert ihre Gröfse, wenn das Boot den Kurs wechselt und mufs daher für jeden Strich des Steuerkompasses bestimmt werden. Zu diesem Zwecke sucht man sich einen Platz aus, an welchem man das Boot auf dem Flecke drehen oder einen Kreis beschreiben lassen kann. Dann bringt man einen Peilkompafs ans Land in solche Entfernung vom Boote, dafs die Eisenmassen keine Einwirkung mehr ausüben, und peilt, während das Boot eine volle Drehung macht, vom Lande aus den Kompafs auf dem Boote und vom Boote aus den Kompafs am Lande immer in dem Augenblicke, wo das Boot einem der Striche N, NNO, NO usw. anliegt. Ergeben die ersteren Peilungen die Azimute $a_1, a_2 \ldots a_{16}$, die letzteren $b_1, b_2 \ldots b_{16}$, so sind $a_1 \pm 180—b_1$, $a_2 \pm 180—b_2 \ldots$ $a_{16} \pm 180—b_{16}$ die jenen 16 Steuerstrichen entsprechenden örtlichen Ablenkungen. Aus ihnen läfst sich dann die Deviationskurve zeichnen, welche die jeder andern Richtung entsprechende Ablenkung liefert.

Diese ist dann mit ihrem Zeichen an den beobachteten Kursen anzubringen, um den wahren magnetischen Kurs zu enthalten. Reisende, welche das Motorboot aus Deutschland mitnehmen, lassen die Deviationswerte zweckmäfsig auf der Seewarte bestimmen.

Um ein Mafs für die Geschwindigkeit des Motorbootes zu erhalten, läfst man den Maschinisten jede Viertelstunde die Zahl der Umdrehungen in der Minute aufschreiben.

§ 25. Theorie der barometrischen Höhenmessung.

Die vollständige barometrische Höhenformel lautet nach Jordan:

$$h = C \log \frac{B}{b} (1 + 0.003665\, t)\ \left(1 + 0.377 \frac{e}{B_0}\right) (1 + \beta \cos 2\varphi) \times \left(1 + \frac{2H}{r}\right); \tag{1}$$

dabei bedeuten: C = 18400 die barometrische Konstante,

B und b die gemessenen Barometerstände unten und oben, in beliebigem, aber einheitlichem Mafse gemessen, auf 0° C und auf gleiche Schwere reduziert;

$0.003665 = \frac{1}{273}$ den Ausdehnungskoeffizienten der Luft,

t das Mittel aus den Lufttemperaturen oben und unten in C°,

e das Mittel aus den Dunstdrucken oben und unten gemessen im gleichen Mafse wie der Luftdruck,

B_0 den mittleren Luftdruck $\frac{B+b}{2}$,

0.377 einen von der Dichte des Wasserdampfes herrührenden Koeffizienten,

$\beta = 0.00265$ den Schwerekoeffizienten,

φ das Mittel aus den geographischen Breiten beider Orte,

H die mittlere Höhe der beiden Orte über dem Meere in Metern,

$r = 6\,370\,000$ m den Erdhalbmesser.

Die drei letzten Faktoren ändern sich so wenig, dafs man ihren Wert für weite Gebiete als konstant betrachten und mit der Konstante C vereinigen kann. Als Beispiele seien die dementsprechend vereinfachten Formeln für Deutschland und für die Libysche Wüste angeführt

$$\text{Deutschland } \frac{e}{B^0} = \frac{1}{100},\quad \varphi = 50^\circ,\ H = 500 \text{ m},$$

$$h = 18464 \log \frac{B}{b} (1 + 0.003665\, t) \tag{2}$$

$$\text{Libysche Wüste } \varphi = \frac{e}{B_0} = \frac{b}{755}, \ \varphi = 27^0, H = 0 \text{ m}$$

$$h = 18\,489 \log \frac{B}{b} (1 + 0.003665\, t). \tag{3}$$

Beide Formeln unterscheiden sich nur um $\frac{25}{18464}$ oder 0.14 %, was ein Beweis ist, dafs man mit der Formel (2), welche wohl für Mitteleuropa brauchbar ist, auch die gewöhnlichen rohen, von Reisenden in andern Ländern gemachten Höhenmessungen berechnen kann. Für feinere Bestimmungen ist es allerdings nötig, jeweils eine besondere Mittelformel oder bei Benutzung von Tafeln Korrektionen für letztere zu berechnen.

Setzt man in der Formel (2)

$$\log \frac{B}{b} = \log B - \log b = (\log 762 - \log b) - (\log 762 - \log B),$$

so erhält man

$$h = 18\,464\,(1 + 0.003665\, t)\,(\log 762 - \log b)$$
$$- 18\,464\,(1 + 0.003665\, t)\,(\log 762 - \log B) = H_2 - H_1,$$

d. h. der Höhenunterschied h ergibt sich als Differenz zweier Höhen H_2 und H_1, welche sich auf einen Meereshorizont mit der Barometerablesung 762 mm beziehen, und welche man als Rechnungshöhen odor rohe Meereshöhen bezeichnet. Jordan hat mittels der Formel

$$h = 18\,464\,(1 + 0.003665\, t)\,(\log 762 - \log b)$$

umfangreiche, aufserordentlich bequeme Tafeln berechnet, nämlich

Barometrische Höhentafeln von Jordan, 2. bis 35° erweiterte Auflage. Stuttgart, bei Metzler 1886,

und Barometrische Höhentafeln für Tiefland und für grofse Höhen von Jordan. Hannover, bei Helwing 1896.

Erstere geben die Höhen für Barometerstände von 630 mm bis 765 mm für Zehntelmillimeter und für jeden Grad der Mitteltemperatur von + 5° bis + 35°, letztere für Barometerstände von 730 mm bis 775 mm, von 0° bis 35° für jedes Zehntelmillimeter und aufserdem von 270 mm bis 765 mm für jedes Millimeter und für je 5° der Mitteltemperatur von — 25° bis + 35°. Bei ihrer Benützung ist vorausgesetzt, dafs alle notwendigen Reduktionen an den Ablesungen bereits angebracht siud.

Im Anhange IV ist eine abgekürzte derartige Tafel gegeben. Ihre Anwendung erläutert folgendes Beispiel:

untere Station $B = 754$ mm Lufttemp. 22° } Mittel 17°.
obere Station $b = 549$ „ „ 12° }

Dann erhält man aus der Spalte 15°

für 549 mm Höhe		$= 2\,773$ m
Korrektion für 2°	$2 \times 9.6 =$	19 „
		$H_2 = 2\,792$ m
für 754 mm Höhe		$= 89$ m
Korrektion für 2°	$2 \times 0.3 =$	1 „
		$H_1 = 90$ m

Höhendifferenz $h = H_2 - H_1 = 2\,702$ m.

Will man diese für Deutschland berechneten Höhentafeln für ein in andern Breiten gelegenes, meteorologisch davon verschiedenes Gebiet benützen, so hat man für letzteres mit den neuen Werten von e: B_0, φ und H, die neue barometrische Konstante C_1 zu berechnen; bezeichnet dann h die Höhe, welche die mit der Konstante C berechnete Tafel gibt, h_1 die genauere Höhe, welche der Konstante C_1 entspricht, so ist

$$h_1 = C_1 \log \frac{B}{b}(1 + \alpha t) = C \log \frac{B}{b}(1 + \alpha t) + \frac{C_1 - C}{C} C \log \frac{B}{b} \times (1 + \alpha t) = h + \frac{C_1 - C}{C} h.$$

Als Beispiel diene die Berechnung der Korrektion, welche an den Werten der Jordanschen Tafel anzubringen ist, wenn man die für die Libysche Wüste gültige Konstante $C_1 = 18\,489$ statt $C = 18\,462$ benützt; es ist

$$h_1 = h + \frac{18\,489 - 18\,464}{18\,464} h = h + \frac{1}{740} h;$$

wenn man also zur Berechnung der Beobachtungen in der Libyschen Wüste die Jordanschen Tafeln benützt, so sind die gefundenen Werte um 1 : 740 ihres Betrages zu vergröfsern. (Rechenschieber!).

Die Formel (2) läfst sich auch derart umwandeln, dafs der Höhenunterschied als Produkt erscheint:

$$h = \left\{ 2 \frac{18\,464}{B + b} M (1 + 0.003665\, t) \right\} (B - b),$$

wo $M = 0.43\,429$ der Modul der Briggischen Logarithmen ist. Die Zahl in der grofsen Klammer heifst die barometrische

Höhenstufe, weil sie den Höhenwert für 1 mm Barometerdifferenz gibt.

Tafel der barometrischen Höhenstufen.

Lufttemperatur °C.	Mittlerer Barometerstand $\frac{B+b}{2}$ Millimeter												
	760	750	740	730	720	710	700	680	660	650	640	620	600
— 5	10.4	10.5	10.6	10.8	10.9	11.1	11.3	11.6	11.9	12.1	12.3	12.7	13.1
+ 0	10.6	10.7	10.8	11.0	11.1	11.3	11.5	11.8	12.2	12.3	12.5	12.9	13.4
+ 5	10.7	10.9	11.0	11.2	11.3	11.5	11.7	12.0	12 4	12.6	12.8	13.2	13.6
+ 10	10.9	11.1	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9	12.2	12.6	12.8	13.0	13.4	13.8
+ 15	11.1	11.3	11.4	11.6	11.8	11.9	12.1	12.4	12 8	13.0	13.2	13.6	14.1
+ 20	11.3	11.5	11.6	11.8	12.0	12.1	12.3	12.7	13.0	13.2	13.4	13.9	14.4
+ 25	11.5	11.7	11.8	12.0	12.2	12.3	12.5	12.9	13.3	13.5	13.7	14.1	14.6
+ 30	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5	12.7	13.1	13.5	13.7	13.9	14.4	14.8
+ 35	11.9	12.1	12.2	12.4	12.5	12.7	12.9	13.3	13.7	13.9	14.1	14.6	15.0

Als Beispiel diene folgende Messung der Höhe einer Sanddüne:

$9^a 5$ Barometerstand unten 760.2 mm
$9^a 23$ „ oben 751.0 „
$9^a 35$ „ unten 759.8 „
$\} t = +10^0.$

Man rechnet nun ohne Instrumentenkorrektion:

Mittel der Ablesungen unten $B = 760.0$ mm
Ablesung oben $b = 751.0$ „
Differenz $B - b = 9.0$ mm

Mittel $\frac{B+b}{2} = 755.5$ mm.

Aus der vorstehenden Höhenstufentafel findet man für 755 mm und 10^0 den Stufenwert 11.0, also die Höhe der Düne $h = 9.0 \times 11.0 = 99$ m.

Statt das Mittel aus den beiden Ablesungen unten zu nehmen, wird man da, wo die Ablesung oben zeitlich nicht in der Mitte der beiden ersteren liegt, alle Stände auf die gleiche Zeit reduzieren, unter der Annahme, dafs sich der Luftdruck mit der Zeit proportional geändert hat. In obigem Beispiele ist das Barometer in 30 Minuten um 0,4 mm gefallen, in 18 Minuten also um $18 \cdot 0.4 : 30 = 0.24$ mm, daher ist der auf die Zeit $9^a 5$ reduzierte Barometerstand oben $751.0 + 0.24 = 751.2$ mm, was in diesem Falle zum gleichen Resultate führt, da nunmehr als unterer Barometerstand 760.2 zu verwenden ist. Bei böigem Wetter werden die barometrischen Höhenmessungen sehr unsicher.

Bezüglich der Lufttemperatur braucht man bei kleinen Höhen nicht ängstlich zu sein, da ein Fehler von 1° in der Lufttemperatur nur einen Fehler von 0.3% der Höhe, also erst bei 300 m einen Fehler von 1 m gibt.

Die Rechnung mittels der Höhenstufen hat fast nur den Vorteil, dafs man die Tafel derselben auf einem Blatte zusammen haben kann; wer barometrisch Höhentafeln besitzt, wird diese wohl in den meisten Fällen vorziehen.

§ 26. Bestimmung von Meereshöhen.

Die im vorigen Paragraphen angegebenen Methoden setzen voraus, dafs man an zwei Orten gleichzeitig mit verglichenen Instrumenten die Barometerstände sowie die zugehörigen Temperaturen beobachtet habe, und zeigen, wie man dann mittels der Tafeln den Höheunterschied findet. Ist die Höhe des einen Ortes über dem Meere bekannt, so erhält man durch Addition derselben zum berechneten Höhenunterschied ohne weiteres die Meereshöhe. Voraussetzung ist dabei, dafs der Ort, an welchem die korrespondierenden Beobachtungen angestellt wurden, vom Beobachtungsgebiet nicht zu weit entfernt ist. In Kulturländern wird man meist in 50 bis 100 km Entfernung eine Station haben, und das genügt.

Ist eine solche Basisstation nicht vorhanden, so wird man sich bemühen, durch Aufstellung eines selbstschreibenden Barometers (S. 112) eine solche zu schaffen. Man erhält dann zunächst nur relative Höhen über dieser Station. Die länger andauernden Registrierbeobachtungen ermöglichen dann eine genauere Berechnung der Höhe der Basisstation über dem Meere als nur einzelne wenige Beobachtungen; immerhin wird aber ein wirklich guter Wert dafür nicht selten erst später bestimmt werden. Daher ist zu empfehlen, in Veröffentlichungen nur relative Höhen über der Basisstation anzugeben, wenn deren Höhe nicht schon genau bekannt ist, oder wenn man Meereshöhen gibt, genau zu sagen, wie hoch dabei die Basisstation angenommen wurde, damit später geeignete Korrekturen angebracht werden können. Benützt man korrespondierende Ablesungen aus sehr entfernten Stationen (500 km), so mufs man sich auf Widersprüche in den Höhen, die aus Beobachtungen an aufeinanderfolgenden Tagen abgeleitet sind, bis zu 50 m und mehr gefafst machen.

Bekanntlich hat der Luftdruck eine jährliche und eine tägliche Periode; letztere ist am gröfsten unter den Tropen und vermindert sich mit zunehmender Breite; sie ist über dem

Lande gröfser als auf dem Meere und nimmt von den Küsten aus gegen das Binnenland schnell zu; fast immer ist sie bei trockener Atmosphäre gröfser als bei feuchter und im allgemeinen in demjenigen Monat am gröfsten, welcher die höchste Temperatur mit der gröfsten Trockenheit verbindet. Mit zunehmender Meereshöhe wird sie kleiner, ist aber in den Tropen selbst über 2000 m noch merkbar.

Als Beispiele für den Betrag der täglichen Periode geben wir die Abweichungen $B - B_m$ des Barometerstandes B vom Mittel B_m für die Libysche Wüste zwischen dem 27.° und 29.° N. B. und 0 m über dem Meere und für Cuyabá in Brasilien (Matto Grosso) unter 15° 36′ S. B. und 56° 7′ W. v. Gr. 220 m über dem Meere (erstere für den Winter, letztere für die Monate August mit Oktober.

Zeit	Libysche W.	Cuyabá	Zeit	Libysche W.	Cuyabá
2a	— 0.34	— 0.33	2p	— 0.48	— 0.98
4a	— 0.41	— 0.22	4p	— 0.76	— 1.62
6a	— 0.02	+ 0.55	6p	— 0.58	— 1.14
8a	+ 0.82	+ 1.41	8p	— 0.12	— 0.24
10a	+ 1.22	+ 1.53	10p	+ 0.19	+ 0.41
Mittag	+ 0.47	+ 0.54	Mittern.	+ 0.05	+ 0.12

Man sieht, dafs an beiden Orten, wie überall, der Luftdruck ungefähr um 10 Uhr vormittags und nachts seine gröfsten, und um 4 Uhr vormittags und nachmittags seine kleinsten Werte erreicht. Um die Gröfse der täglichen Periode zu erhalten, wird man in den Tropen an jedem Ruhetag, womöglich stündliche Barometerablesungen machen. Beobachtet man ohne Standbarometer, so wird man dann mit Hilfe einer Tabelle obiger Art jede zu bestimmter Zeit unterwegs gemachte Ablesung auf das Tagesmittel reduzieren und den mittleren Stand des Barometers als konstant betrachten. Je nach den Schwankungen, die der Luftdruck von Tag zu Tag erleidet, werden die dadurch erhaltenen Resultate mehr oder weniger fehlerhaft sein; die Schwankungen sind in den Tropen, abgesehen von den Zeiten der Cyklonen gering, werden aber mit zunehmender Breite gröfser und können bei uns bis zu 30 mm betragen.

Die jährliche Periode des Luftdruckes in den verschiedenen Ländern ist sehr verschieden. Sie ist im Innern der Kontinente im allgemeinen gröfser als an den Küsten, die Minima fallen auf den Sommer, die Maxima auf den Winter. Als Beispiel geben wir die Abweichungen $B_1 - B_2$ der Monatsmittel B_1 vom Jahresmittel B_2 für Kairo ($\varphi = + 30^{\circ}\ 3'$) und Cuyabá ($\varphi = - 15^{\circ}\ 36'$)

	Kairo	Cuyabá		Kairo	Cuyabá		Kairo	Cuyabá
Jan.	+ 4.0	— 0.9	Mai	— 0.9	+ 0.8	Sept.	- 1.6	— 0.8
Febr.	+ 3.0	— 0.6	Juni	— 2.6	+ 2.8	Okt.	+ 0.8	— 1.9
März	+ 0.1	— 0.6	Juli	— 4.1	+ 3.1	Nov.	+ 2.2	— 1.9
April	— 0.8	+ 0.2	Aug.	— 3.6	+ 0.8	Dez.	+ 3.1	— 0.9

Um den Luftdruck an verschiedenen Orten, abgesehen von ihrer Höhenlage, vergleichbar zu machen, hat man ihn auf den Meeresspiegel zu reduzieren, d. h. den Luftdruck zu bestimmen, der unter dem betreffenden Ort in der Höhe des Meeresspiegels herrschen würde. Man erhält ihn, wenn man die Barometerformel (Seite 139) umgekehrt anwendet und aus h und b den Wert von B berechnet. Die diesbezüglichen Arbeiten für die ganze Erde findet man in der Abhandlung von Alexander Buchan „The mean pressure of the atmosphere and the prevailing winds over the globe for the months and for the year" in den Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Vol. XXV April 1869, sowie mit Benutzung neuerer Materialien in der 3. Abteilung von Berghaus' physikalischem Atlas, „Atlas der Meteorologie von Julius Hann" (Gotha bei Perthes 1887), sowie in Bartholemews Physical Atlas Vol. III.

Es zeigt sich, daſs die auf den Meeresspiegel reduzierten Barometerstände für die verschiedenen Gebiete sehr verschieden sind und dabei natürlich auch die jährliche Periode zeigen. Der mittlere Luftdruck am Meeresspiegel ist selbst an verhältnismäſsig nahe aneinander gelegenen Orten sehr verschieden, denn während er z. B. an der Südspitze Südamerikas unter 55,8° S. B. im Januar 745 mm ist, beträgt er in Valdivia in Chili unter 39,9° S. B. 761 mm.

Will man aus Barometerbeobachtungen, zu denen man keine korrespondierenden Ablesungen hat, die Meereshöhe bestimmen, so sucht man sich mit Hilfe der genannten Werke für das Beobachtungsgebiet und die Beobachtungszeit den auf den Meeresspiegel reduzierten Barometerstand B und berechnet dann aus den auf das Tagesmittel reduzierten einzelnen Ablesungen b und aus B die Meereshöhe mittels der Tafeln. Nur ein mit der Meteorologie wohl vertrauter Bearbeiter wird über die dabei in Rechnung zu stellenden Temperaturen usw. einigermaſsen zutreffende Annahmen zu machen und damit leidlich richtige Resultate zu erhalten imstande sein. (Als Beispiel für eine derartige Arbeit nennen wir G. v. Elsners Abhandlung über die Höhenverhältnisse des Ngamilandes in der Zeitschr. der Ges. f. Erdkunde in Berlin 1900 S. 342 bis 362.)

§ 27. Trigonometrische Höhenmessung.

Ebenso wie die Horizontal-Triangulierung kann auch die trigonometrische Höhenmessung bei Reisen nicht als Grundlage der Gesamthöhenaufnahme dienen; sie kann aber bei lokalen Aufnahmen sehr nützliche Dienste leisten, nicht blofs für die Höhen selbst, sondern auch zur Gewinnung von Kontrollen und Verbesserungen für die Lagepläne.

Zur Messung der Höhenwinkel dient in erster Linie der Theodolit, dessen Handhabung in dieser Beziehung auf Seite 97—98 besprochen ist. Neben ihm wird man in bergigem Gelände einen Gefällmesser (Neigungsmesser) für Freihandgebrauch häufig verwenden können. Die Zahl der vorhandenen Konstruktionen ist sehr grofs. Es sind entweder Pendel- oder Libelleninstrumente. Von ersteren seien das Altazimut und der Gefällmesser von Brandis-Wolz, von letzteren Tesdorpfs Spiegeldiopterinstrument nach Abney und besonders der so vielseitig verwendbare Dosentheodolit von Hildebrand nur beispielsweise angeführt.

Die Grundformel für die trigonometrische Höhenmessung ist

$$h = h_1 + a \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2; \qquad (1)$$

dabei ist h der gesuchte Höhenunterschied, h_1 die Höhe der Kippachse des Instrumentes über dem Standpunkte, a die Horizontalentfernung, α der Höhenwinkel, r der Erdhalbmesser $= 6\,370\,000$ m und k der Refraktionskoeffizient, welcher in Deutschland im Mittel 0.13 beträgt.

Die Korrektion $\frac{1-k}{2r} a^2$ für Erdkrümmung und Refraktion hat in runden Zahlen folgende Werte:

(S. Tab. auf S. 147.)

Auf Reisen wird man Höhenwinkel kaum genauer als auf 1′ messen und die Höhen nur auf 1 m genau ausrechnen, so dafs man bis zu einer Entfernung von $a = 3$ km das Glied $\frac{1-k}{2r} a^2$ vernachlässigen und $h = h_1 + a \operatorname{tg} \alpha$ setzen kann. Bei gröfseren Entfernungen wächst der Wert dieses Gliedes sehr rasch und bei fernen Gebirgen, die man oft mehrere Tagereisen weit sieht, ist bei der Höhenbestimmung die Erdkrümmung und Strahlenbrechung vielfach die Hauptsache; da

a km	$\frac{1-k}{2r}a^2$ m	a km	$\frac{1-k}{2r}a^2$ m	a km	$\frac{1-k}{2r}a^2$ m
1	0.1	11	8	10	7
2	0.3	12	10	20	27
3	0.6	13	12	30	61
4	1.1	14	13	40	109
5	1.7	15	15	50	170
6	2.4	16	17	60	245
7	3.3	17	20	70	334
8	4.4	18	22	80	436
9	5.5	19	25	90	552
10	6.8	20	27	100	681

aber die letztere grofsen Schwankungen unterworfen ist, werden trigonometrische Höhenmessungen auf grofse Entfernungen sehr unsicher.

Die horizontale Entfernung wird durch Triangulation oder wiederholtes Peilen gefunden oder auch aus der Karte entnommen. Als Beispiel mag die Berechnung der Höhenunterschiede in der Oase Dachel dienen, deren Resultate auf Seite 130 mit gegeben sind.

Ein indirekter Gebrauch der Höhenwinkel besteht darin, dafs man aus einem gegebenen oder barometrisch ermittelten Höhenunterschiede h und dem gemessenen Höhenwinkel α rückwärts die Entfernung a bestimmt, wozu man die Gleichung (1) nach a aufzulösen hätte. Um diese Arbeit zu vermeiden, wurde die Tafel VI des Anhanges berechnet, in welcher $K = 0.16$ angenommen ist. Als Beispiel zur Anwendung dieser Methode, bei welcher übrigens der Höhenwinkel nicht zu klein sein darf, betrachten wir in der Figur 8 oder 9 die Gebirgsecke E und den dahinterliegenden Rand E'. Nach der ganzen Gebirgsformation kann man annehmen, dafs E und E' gleich hoch sind. In runder Zahl ist E 438 — 133 = 305 m über dem Standpunkte; soll nun E' ebenso hoch sein, so mufs es bei 2° 20′ Höhenwinkel nach der Tafel VI etwa 7 km entfernt sein, wie es auch in Figur 10 eingezeichnet ist.

Schon diese verhältnismäfsig wenigen Zahlen der Tafel VI geben bei der Kartenkonstruktion nach Peilungen und Höhenwinkeln wichtige Aufschlüsse über die Möglichkeit des Zusammengehörens verschiedener Zielungen.

Von besonderem Wert ist dieses Verfahren bei der Aufnahme der Uferlinien von Seen, indem man von einem Punkte aus, dessen Höhe h über dem Wasserspiegel möglichst genau

(durch Nivellement oder trigonometrisch) bestimmt wurde, mit dem Theodolit für eine Reihe von Richtungen die Depressionen α der Wasserlinie mifst. Für kleinere Entfernungen ist dann der Horizontalabstand einfach $a = h \operatorname{ctg} \alpha$. Voraussetzung für die Zulässigkeit dieses Verfahrens ist, dafs die Wasserlinie nicht jenseits der Kimm, d. h. der scheinbaren Grenzlinie zwischen Luft und Wasser liegt; ob dies der Fall ist oder nicht, wird man entscheiden können, wenn man berücksichtigt, dafs die Entfernung der Kimm $d = 3.872 \sqrt{h}$ Kilometer beträgt, wenn h in Metern gegeben ist.

Hat man einen Ausblick auf das Meer, so kann man durch Messung der Kimmtiefe, d. h. des Depressionswinkels β der Kimm, die Höhe h des Beobachtungspunktes über dem Meeresspiegel in Metern ableiten mittels der Formel

$$h = \frac{\beta^2}{11621}$$

wenn β in Sekunden ausgedrückt ist.

§ 28. Nivellement.

Der Forschungsreisende wird nur selten die Zeit und das Bedürfnis haben, genaue Messungen von Höhenunterschieden durch Nivellieren auszuführen; wer es gelegentlich tun will, wird das Fernrohr seines Theodolits mit einer Libelle (am besten Reversionslibelle) versehen lassen. Wir sehen hier von einer eingehenden Besprechung des Verfahrens beim genauen Nivellieren ab.

In manchen Fällen wird man vom Freihandnivellement Gebrauch machen können, wenn man eine geschlossene Kanalwage nach Kahle[1]), einen wohlberichtigten Gefällmesser oder das Wagnersche Taschennivellierinstrument von Tesdorpf besitzt. Man kann die Instrumente in der Weise benützen, dafs man eine Latte verwendet und vom gleichen Instrumentenstandpunkte aus den Rückblick und Vorblick abliest, oder indem man (in nicht zu flachem Gelände, von der Augeshöhe Gebrauch macht. Im letzteren Falle geht man vom höheren einzunivellierenden Punkte nach abwärts, bis das Auge mit ihm in gleicher Höhe ist und bezeichnet den Punkte, an dem sich die Absätze der nebeneinandergesetzten Füfse befinden, durch einen Stein oder

[1]) Vergl. Zeitschr. f. Vermessungswesen 1889 S. 183—188 und 1892 S. 49—53. Fabrikanten der Kanalwage sind die Glastechniker Haack in Jena und Heinz in Aachen. Preis 2—3 Mk., einer Latte 3—6 Mk.

sonstwie, geht dann wieder abwärts, bis man das Auge in der Höhe der Marke hat usw. Das letzte Stück kann man dadurch bestimmen, dafs man sich niederbeugt und dann die Höhe des Auges über dem untern Punkte mit dem Zentimetermafsstabe mifst. Selbstverständlich mufs die Augeshöhe des betreffenden Beobachters mit dem benützten Schuhzeuge genau bestimmt sein.

Schlufs.

Man nehme nicht zu viele Instrumente mit, sondern sehe lieber darauf, dafs man die mitgenommenen gewandt handhaben kann und dafs sie in gutem Zustande sind und bleiben. Man sehe auf eine gute, den zu erwartenden klimatischen und Transportverhältnissen entsprechende Verpackuug. Nirgends soll ein Stück nur mit Leim an einem andern befestigt sein; überall sollen Nägel oder besser Schrauben verwendet sein. Auch sorge man für wasserdichten Abschlufs der Kisten durch eingelegte Kautschukstreifen bei allen Sachen, welche durch Wasser leiden. Man verpacke nicht alle Instrumente in eine Kiste, sondern verteile sie so, dafs man sich auch noch behelfen kann, wenn ein Teil zurückbleibt oder verloren geht. Alle Barometer, Thermometer Sextanten, Bandmafse usw. sollen auf einer wissenschaftlichen Zentrale, der physikalisch-technischen Reichsanstalt, Seewarte u. dergl. vor und auch eventuell nach der Reise geprüft werdeu. Man halte ein Instrumentenbuch, in welchem alle Instrumente mit den Namen der Fabrikanten, den Nummern und den Prüfungszeugnissen eingetragen und soweit als nötig beschrieben werden. Hier werden auch die fortlaufenden, unterwegs gemachten Vergleichungen im Originale notiert sowie Mitteilung gemacht, wann ein neues Instrument in Gebrauch genommen wurde.

Bei der Veröffentlichung der Beobachtungsresultate gebe man für alle Fundamentalpunkte Länge, Breite und Höhe sowie die Autorität, welche diese Zahlen bestimmt hat, an. Die Punkte, an welchen astronomische Ortsbestimmungen gemacht wurden, sind so genau zu beschreiben, dafs man sie wieder identifizieren kann; denn es hat keinen Sinn, die Breite einer 1 qkm bedeckenden Stadt auf Zehntelminuten anzugeben, wenn man nicht genau sagt, für welchen Punkt dieser Wert gilt. Aufserdem sind über die Art der Instrumente, die Methoden und Genauigkeit der Messungen sowie über die Basisstationen für die barometrische Höhenmessung ausführliche Angaben zu machen.

Bei der Veröffentlichung der Karte teile man mit, welche

früheren Karten man benützt hat. Auf der Karte selbt soll alles, was der Reisende gemessen oder so gesehen hat, dafs er es mit der dem Mafsstabe entsprechenden Genauigkeit zeichnen kann, ausgezogen werden; was er nur aus grofser Entfernung erblickt hat, ohne die Lage verbürgen zu können, ist nur zu stricheln; was er auf Grund von Erkundigungen bei Eingeborenen gibt, soll wieder in besonderer Art (etwa punktiert) dargestellt werden. Würden alle Reisenden diese Regeln beachten, so würde dem Kartographen, der später die schwierige Aufgabe hat, aus einer Reihe von Routenaufnahmen ein Kartenbild des Landes herzustellen, die Arbeit wesentlich erleichtert werden.

Anhang.

I. $s \sin \alpha$ und $s \cos \alpha$ für Itinerar-Berechnung.
II. Die Gradeinteilung des Erdellipsoids.
III. Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0°.
IV. Schwerereduktion des Quecksilberbarometers.
V. Barometrische Höhentafel.
VI. Trigonometrische Höhenmessung.

I. $s \sin \alpha$ und $s \cos \alpha$ für Itinerar-Berechnung.

s	0° 360°	180° 180°	5° 355°	185° 175°	10° 350°	190° 170°	15° 345°	195° 165°	20° 340°	200° 160°	s
	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	
1	0.0	1.0	0.1	1.0	0.2	1.0	0.3	1.0	0.3	0.9	1
2	0.0	2.0	0.2	2.0	0.3	2.0	0.5	1.9	0.7	1.9	2
3	0.0	3.0	0.3	3.0	0.5	3.0	0.8	2.9	1.0	2.8	3
4	0.0	4.0	0.3	4.0	0.7	3.9	1.0	3.9	1.4	3.8	4
5	0.0	5.0	0.4	5.0	0.9	4.9	1.3	4.8	1.7	4.7	5
6	0.0	6.0	0.5	6.0	1.0	5.9	1.6	5.8	2.1	5.6	6
7	0.0	7.0	0.6	7.0	1.2	6.9	1.8	6.8	2.4	6.6	7
8	0.0	8.0	0.7	8.0	1.4	7.9	2.1	7.7	2.7	7.5	8
9	0.0	9.0	0.8	9.0	1.6	8.9	2.3	8.7	3.1	8.5	9
10	0.0	10.0	0.9	10.0	1.7	9.8	2.6	9.7	3.4	9.4	10
11	0.0	11.0	1.0	11.0	1.9	10.8	2.8	10.6	3.8	10.3	11
12	0.0	12.0	1.0	12.0	2.1	11.8	3.1	11.6	4.1	11.3	12
13	0.0	13.0	1.1	13.0	2.3	12.8	3.4	12.6	4.4	12.2	13
14	0.0	14.0	1.2	13.9	2.4	13.8	3.6	13.5	4.8	13.2	14
15	0.0	15.0	1.3	14.9	2.6	14.8	3.9	14.5	5.1	14.1	15
16	0.0	16.0	1.4	15.9	2.8	15.8	4.1	15.5	5.5	15.0	16
17	0.0	17.0	1.5	16.9	3.0	16.7	4.4	16.4	5.8	16.0	17
18	0.0	18.0	1.6	17.9	3.1	17.7	4.7	17.4	6.2	16.9	18
19	0.0	19.0	1.7	18.9	3.3	18.7	4.9	18.4	6.5	17.9	19
20	0.0	20.0	1.7	19.9	3.5	19.7	5.2	19.3	6.8	18.8	20
21	0.0	21.0	1.8	20.9	3.6	20.7	5.4	20.3	7.2	19.7	21
22	0.0	22.0	1.9	21.9	3.8	21.7	5.7	21.3	7.5	20.7	22
23	0.0	23.0	2.0	22.9	4.0	22.7	6.0	22.2	7.9	21.6	23
24	0.0	24.0	2.1	23.9	4.2	23.6	6.2	23.2	8.2	22.6	24
25	0.0	25.0	2.2	24.9	4.3	24.6	6.5	24.1	8.6	23.5	25
26	0.0	26.0	2.3	25.9	4.5	25.6	6.7	25.1	8.9	24.4	26
27	0.0	27.0	2.4	26.9	4.7	26.6	7.0	26.1	9.2	25.4	27
28	0.0	28.0	2.4	27.9	4.9	27.6	7.2	27.0	9.6	26.3	28
29	0.0	29.0	2.5	28.9	5.0	28.6	7.5	28.0	9.9	27.3	29
30	0.0	30.0	2.6	29.9	5.2	29.5	7.8	29.0	10.3	28.2	30
31	0.0	31.0	2.7	30.9	5.4	30.5	8.0	29.9	10.6	29.1	31
32	0.0	32.0	2.8	31.9	5.6	31.5	8.3	30.9	10.9	30.1	32
33	0.0	33.0	2.9	32.9	5.7	32.5	8.5	31.9	11.3	31.0	33
34	0.0	34.0	3.0	33.9	5.9	33.5	8.8	32.8	11.6	31.9	34
35	0.0	35.0	3.1	34.9	6.1	34.5	9.1	33.8	12.0	32.9	35
36	0.0	36.0	3.1	35.9	6.3	35.5	9.3	34.8	12.3	33.8	36
37	0.0	37.0	3.2	36.9	6.4	36.4	9.6	35.7	12.7	34.8	37
38	0.0	38.0	3.3	37.9	6.6	37.4	9.8	36.7	13.0	35.7	38
39	0.0	39.0	3.4	38.9	6.8	38.4	10.1	37.7	13.3	36.6	39
40	0.0	40.0	3.5	39.8	6.9	39.4	10.4	38.6	13.7	37.6	40
41	0.0	41.0	3.6	40.8	7.1	40.4	10.6	39.6	14.0	38.5	41
42	0.0	42.0	3.7	41.8	7.3	41.4	10.9	40.6	14.4	39.5	42
43	0.0	43.0	3.7	42.8	7.5	42.3	11.1	41.5	14.7	40.4	43
44	0.0	44.0	3.8	43.8	7.6	43.3	11.4	42.5	15.0	41.3	44
45	0.0	45.0	3.9	44.8	7.8	44.3	11.6	43.5	15.4	42.3	45
46	0.0	46.0	4.0	45.8	8.0	45.3	11.9	44.4	15.7	43.2	46
47	0.0	47.0	4.1	46.8	8.2	46.3	12.2	45.4	16.1	44.2	47
48	0.0	48.0	4.2	47.8	8.3	47.3	12.4	46.4	16.4	45.1	48
49	0.0	49.0	4.3	48.8	8.5	48.3	12.7	47.3	16.8	46.0	49
50	0.0	50.0	4.4	49.8	8.7	49.2	12.9	48.3	17.1	47.0	50
51	0.0	51.0	4.4	50.8	8.9	50.2	13.2	49.3	17.4	47.9	51
52	0.0	52.0	4.5	51.8	9.0	51.2	13.5	50.2	17.8	48.9	52
53	0.0	53.0	4.6	52.8	9.2	52.2	13.7	51.2	18.1	49.8	53
54	0.0	54.0	4.7	53.8	9.4	53.2	14.0	52.2	18.5	50.7	54
55	0.0	55.0	4.8	54.8	9.6	54.2	14.2	53.1	18.8	51.7	55
56	0.0	56.0	4.9	55.8	9.7	55.1	14.5	54.1	19.2	52.6	56
57	0.0	57.0	5.0	56.8	9.9	56.1	14.8	55.1	19.5	53.6	57
58	0.0	58.0	5.1	57.8	10.1	57.1	15.0	56.0	19.8	54.5	58
59	0.0	59.0	5.1	58.8	10.2	58.1	15.3	57.0	20.2	55.4	59
60	0.0	60.0	5.2	59.8	10.4	59.1	15.5	58.0	20.5	56.4	60
	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	
s	90° 270°	270° 90°	95° 265°	275° 85°	100° 260°	280° 80°	105° 255°	285° 75°	110° 250°	290° 70°	s

I. $s \sin \alpha$ und $s \cos \alpha$ für Itinerar-Berechnung.

s	25° 335°	205° 155°	30° 330°	210° 150°	35° 325°	215° 145°	40° 320°	220° 140°	45° 315°	225° 135°	s
	s sin α	s cos α	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	
1	0.4	0.9	0.5	0.9	0.6	0.8	0.6	0.8	0.7	0.7	1
2	0.8	1.8	1.0	1.7	1.1	1.6	1.3	1.5	1.4	1.4	2
3	1.3	2.7	1.5	2.6	1.7	2.5	1.9	2.3	2.1	2.1	3
4	1.7	3.6	2.0	3.5	2.3	3.3	2.6	3.1	2.8	2.8	4
5	2.1	4.5	2.5	4.3	2.9	4.1	3.2	3.8	3.5	3.5	5
6	2.5	5.4	3.0	5.2	3.4	4.9	3.9	4.6	4.2	4.2	6
7	3.0	6.3	3.5	6.1	4.0	5.7	4.5	5.4	4.9	4.9	7
8	3.4	7.3	4.0	6.9	4.6	6.6	5.1	6.1	5.7	5.7	8
9	3.8	8.2	4.5	7.8	5.2	7.4	5.8	6.9	6.4	6.4	9
10	4.2	9.1	5.0	8.7	5.7	8.2	6.4	7.7	7.1	7.1	10
11	4.6	10.0	5.5	9.5	6.3	9.0	7.1	8.4	7.8	7.8	11
12	5.1	10.9	6.0	10.4	6.9	9.8	7.7	9.2	8.5	8.5	12
13	5.5	11.8	6.5	11.3	7.5	10.6	8.4	10.0	9.2	9.2	13
14	5.9	12.7	7.0	12.1	8.0	11.5	9.0	10.7	9.9	9.9	14
15	6.3	13.6	7.5	13.0	8.6	12.3	9.6	11.5	10.6	10.6	15
16	6.8	14.5	8.0	13.9	9.2	13.1	10.3	12.3	11.3	11.3	16
17	7.2	15.4	8.5	14.7	9.8	13.9	10.9	13.0	12.0	12.0	17
18	7.6	16.3	9.0	15.6	10.3	14.7	11.6	13.8	12.7	12.7	18
19	8.0	17.2	9.5	16.5	10.9	15.6	12.2	14.6	13.4	13.4	19
20	8.5	18.1	10.0	17.3	11.5	16.4	12.9	15.3	14.1	14.1	20
21	8.9	19.0	10.5	18.2	12.0	17.2	13.5	16.1	14.8	14.8	21
22	9.3	19.9	11.0	19.1	12.6	18.0	14.1	16.9	15.6	15.6	22
23	9.7	20.8	11.5	19.9	13.2	18.8	14.8	17.6	16.3	16.3	23
24	10.1	21.8	12.0	20.8	13.8	19.7	15.4	18.4	17.0	17.0	24
25	10.6	22.7	12.5	21.7	14.3	20.5	16.1	19.2	17.7	17.7	25
26	11.0	23.6	13.0	22.5	14.9	21.3	16.7	19.9	18.4	18.4	26
27	11.4	24.5	13.5	23.4	15.5	22.1	17.4	20.7	19.1	19.1	27
28	11.8	25.4	14.0	24.2	16.1	22.9	18.0	21.4	19.8	19.8	28
29	12.3	26.3	14.5	25.1	16.6	23.8	18.6	22.2	20.5	20.5	29
30	12.7	27.2	15.0	26.0	17.2	24.6	19.3	23.0	21.2	21.2	30
31	13.1	28.1	15.5	26.8	17.8	25.4	19.9	23.7	21.9	21.9	31
32	13.5	29.0	16.0	27.7	18.4	26.2	20.6	24.5	22.6	22.6	32
33	13.9	29.9	16.5	28.6	18.9	27.0	21.2	25.3	23.3	23.3	33
34	14.4	30.8	17.0	29.4	19.5	27.9	21.9	26.0	24.0	24.0	34
35	14.8	31.7	17.5	30.3	20.1	28.7	22.5	26.8	24.7	24.7	35
36	15.2	32.6	18.0	31.2	20.6	29.5	23.1	27.6	25.5	25.5	36
37	15.6	33.5	18.5	32.0	21.2	30.3	23.8	28.3	26.2	26.2	37
38	16.1	34.4	19.0	32.9	21.8	31.1	24.4	29.1	26.9	26.9	38
39	16.5	35.3	19.5	33.8	22.4	31.9	25.1	29.9	27.6	27.6	39
40	16.9	36.3	20.0	34.6	22.9	32.8	25.7	30.6	28.3	28.3	40
41	17.3	37.2	20.5	35.5	23.5	33.6	26.4	31.4	29.0	29.0	41
42	17.7	38.1	21.0	36.4	24.1	34.4	27.0	32.2	29.7	29.7	42
43	18.2	39.0	21.5	37.2	24.7	35.2	27.6	32.9	30.4	30.4	43
44	18.6	39.9	22.0	38.1	25.2	36.0	28.3	33.7	31.1	31.1	44
45	19.0	40.8	22.5	39.0	25.8	36.9	28.9	34.5	31.8	31.8	45
46	19.4	41.7	23.0	39.8	26.4	37.7	29.6	35.2	32.5	32.5	46
47	19.9	42.6	23.5	40.7	27.0	38.5	30.2	36.0	33.2	33.2	47
48	20.3	43.5	24.0	41.6	27.5	39.3	30.9	36.8	33.9	33.9	48
49	20.7	44.4	24.5	42.4	28.1	40.1	31.5	37.5	34.6	34.6	49
50	21.1	45.3	25.0	43.3	28.7	41.0	32.1	38.3	35.4	35.4	50
51	21.6	46.2	25.5	44.2	29.3	41.8	32.8	39.1	36.1	36.1	51
52	22.0	47.1	26.0	45.0	29.8	42.6	33.4	39.8	36.8	36.8	52
53	22.4	48.0	26.5	45.9	30.4	43.4	34.1	40.6	37.5	37.5	53
54	22.8	48.9	27.0	46.8	31.0	44.2	34.7	41.4	38.2	38.2	54
55	23.2	49.8	27.5	47.6	31.5	45.1	35.4	42.1	38.9	38.9	55
56	23.7	50.8	28.0	48.5	32.1	45.9	36.0	42.9	39.6	39.6	56
57	24.1	51.7	28.5	49.4	32.7	46.7	36.6	43.7	40.3	40.3	57
58	24.5	52.6	29.0	50.2	33.3	47.5	37.3	44.4	41.0	41.0	58
59	24.9	53.5	29.5	51.1	33.8	48.3	37.9	45.2	41.7	41.7	59
60	25.4	54.4	30.0	52.0	34.4	49.1	38.6	46.0	42.4	42.4	60
	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	s cos	s sin	
s	115° 245°	295° 65°	120° 240°	300° 60°	125° 235°	305° 55°	130° 230°	310° 50°	135° 225°	315° 45°	s

II. Die Gradeinteilung des Erdellipsoids.

Geogr. Breite	Parallelkreisbogen für 1°	10′	10″	Zeit 1 m	1 s	Geogr. Breite	Parallelkreisbogen für 1°	10′	10″	Zeit 1 m	1 s
°	km	km	km	km	km	°	km	km	km	km	km
0	111.31	18.55	0.31	27.83	0.46	45	78.84	13.14	0.22	19.71	0.33
1	111.29	18.55	0.31	27.82	0.46	46	77.45	12.91	0.22	19.36	0.32
2	111.24	18.54	0.31	27.81	0.46	47	76.05	12.68	0.21	19.01	0.32
3	111.16	18.53	0.31	27.79	0.46	48	74.62	12.44	0.21	18.65	0.31
4	111.04	18.51	0.31	27.76	0.46	49	73.16	12.19	0.20	18.29	0.30
5	110.89	18.48	0.31	27.72	0.46	50	71.69	11.95	0.20	17.92	0.30
6	110.70	18.45	0.31	27.68	0.46	51	70.19	11.70	0.19	17.55	0.29
7	110.48	18.41	0.31	27.62	0.46	52	68.67	11.45	0.19	17.17	0.29
8	110.23	18.37	0.31	27.56	0.46	53	67.13	11.19	0.19	16.78	0.28
9	109.95	18.32	0.31	27.49	0.46	54	65.57	10.93	0.18	16.39	0.27
10	109.63	18.27	0.30	27.41	0.46	55	63.99	10.67	0.18	16.00	0.27
11	109.27	18.21	0.30	27.32	0.45	56	62.39	10.40	0.17	15.60	0.26
12	108.89	18.15	0.30	27.22	0.45	57	60.76	10.13	0.17	15.19	0.25
13	108.47	18.08	0.30	27.12	0.45	58	59.13	9.86	0.16	14.78	0.25
14	108.02	18.00	0.30	27.01	0.45	59	57.47	9.58	0.16	14.37	0.24
15	107.54	17.92	0.30	26.88	0.45	60	55.79	9.30	0.15	13.95	0.23
16	107.02	17.84	0.30	26.76	0.45	61	54.10	9.02	0.15	13.53	0.23
17	106.47	17.75	0.30	26.62	0.44	62	52.39	8.73	0.15	13.10	0.22
18	105.89	17.65	0.29	26.47	0.44	63	50.67	8.44	0.14	12.67	0.21
19	105.28	17.55	0.29	26.32	0.44	64	48.93	8.15	0.14	12.23	0.20
20	104.63	17.44	0.29	26.16	0.44	65	47.17	7.86	0.13	11.79	0.20
21	103.96	17.33	0.29	25.99	0.43	66	45.40	7.57	0.13	11.35	0.19
22	103.25	17.21	0.29	25.81	0.43	67	43.61	7.27	0.12	10.90	0.18
23	102.51	17.09	0.28	25.63	0.43	68	41.82	6.97	0.12	10.45	0.17
24	101.74	16.96	0.28	25.43	0.42	69	40.01	6.67	0.11	10.00	0.17
25	100.94	16.82	0.28	25.23	0.42	70	38.18	6.36	0.11	9.55	0.16
26	100.11	16.68	0.28	25.03	0.42	71	36.35	6.06	0.10	9.08	0.15
27	99.24	16.54	0.28	24.81	0.41	72	34.50	5.75	0.10	8.62	0.14
28	98.35	16.39	0.27	24.59	0.41	73	32.64	5.44	0.09	8.16	0.14
29	97.43	16.24	0.27	24.36	0.41	74	30.78	5.13	0.09	7.69	0.13
30	96.47	16.08	0.27	24.12	0.40	75	28.90	4.82	0.08	7.22	0.12
31	95.49	15.92	0.27	23.87	0.40	76	27.01	4.50	0.08	6.75	0.11
32	94.48	15.75	0.26	23.62	0.39	77	25.12	4.19	0.07	6.28	0.10
33	93.44	15.57	0.26	23.36	0.39	78	23.22	3.87	0.06	5.80	0.10
34	92.37	15.40	0.26	23.09	0.38	79	21.31	3.55	0.06	5.33	0.09
35	91.28	15.21	0.25	22.82	0.38	80	19.39	3.23	0.05	4.85	0.08
36	90.15	15.03	0.25	22.54	0.38	81	17.47	2.91	0.05	4.37	0.07
37	89.00	14.83	0.25	22.25	0.37	82	15.54	2.59	0.04	3.89	0.06
38	87.82	14.64	0.24	21.96	0.37	83	13.61	2.27	0.04	3.40	0.06
39	86.62	14.44	0.24	21.65	0.36	84	11.67	1.95	0.03	2.92	0.05
40	85.38	14.23	0.24	21.35	0.36	85	9.73	1.62	0.03	2.43	0.04
41	84.13	14.02	0.23	21.03	0.35	86	7.79	1.30	0.02	1.95	0.03
42	82.84	13.81	0.23	20.71	0.34	87	5.84	0.97	0.02	1.46	0.02
43	81.53	13.59	0.23	20.38	0.34	88	3.90	0.65	0.01	0.97	0.02
44	80.20	13.37	0.22	20.05	0.33	89	1.95	0.33	0.01	0.49	0.01
45	78.84	13.14	0.22	19.71	0.33	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Geogr. Breite	Meridianbogen 1°	10′	1′	10″	1″	Geogr. Breite	Meridianbogen 1°	10′	1′	10″	1″
°	km	km	km	km	km	°	km	km	km	km	km
0	110.56	18.43	1.84	0.31	0.03	50	111.22	18.54	1.85	0.31	0.03
10	110.60	18.43	1.84	0.31	0.03	60	111.40	18.57	1.86	0.31	0.03
20	110.69	18.45	1.84	0.31	0.03	70	111.55	18.59	1.86	0.31	0.03
30	110.84	18.47	1.85	0.31	0.03	80	111.65	18.61	1.86	0.31	0.03
40	111.02	18.50	1.85	0.31	0.03	90	111.68	18.61	1.86	0.31	0.03

III.

Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0° für Messingskale mit der Normaltemperatur 0° —0,000162 *Bt.*

Temperatur C°	Barometerstand *B* in Millimetern												Temperatur C°
	600	620	640	660	680	700	710	720	730	740	750	760	
0	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	0
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2
3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	3
4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4
5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	5
6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	6
7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	7
8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	8
9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	9
10	1.0	1.0	1,0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	10
11	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	11
12	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	12
13	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	13
14	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	14
15	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1 7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	15
16	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1 8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	16
17	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	17
18	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	18
19	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	19
20	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	20
21	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	21
22	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.9	2.7	2.7	22
23	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	23
24	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2,7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	24
25	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	25
26	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	26
27	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	27
28	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	28
29	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	29
30	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	30
31	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	31
32	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	32
33	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	33
34	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	34
35	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.3	4.3	35

(Vergl. S. 107.)

IV. Schwere-Reduktion des Quecksilberbarometers für Breite und Höhe über dem Meere

$$-0{,}00265\, Q \cos 2\varphi - \frac{2\,Q\,H}{r};\quad r = 6370000 \text{ m.}$$

Breite φ	Barometerstand Q mm (Höhe H m über dem Meere)					
	760 mm (0 m)	740 mm (230 m)	720 mm (460 m)	700 mm (690 m)	680 mm (920 m)	660 mm (1150 m)
°						
0	− 2.01	− 2.01	− 2.01	− 2.01	− 2.00	− 1.99
5	− 1.98	− 1.98	− 1.98	− 1.98	− 1.97	− 1.96
10	− 1.89	− 1.90	− 1.90	− 1.90	− 1.89	− 1.88
15	− 1.74	− 1.75	− 1.76	− 1.76	− 1.76	− 1.75
20	− 1.54	− 1.56	− 1.57	− 1.57	− 1.58	− 1.58
25	− 1.29	− 1.31	− 1.33	− 1.34	− 1.35	− 1.36
30	− 1.01	− 1.03	− 1.06	− 1.08	− 1.10	− 1.11
32	− 0.88	− 0.91	− 0.94	− 0.96	− 0.99	− 1.01
34	− 0.75	− 0.79	− 0.82	− 0.85	− 0.87	− 0.89
36	− 0.62	− 0.66	− 0.69	− 0.72	− 0.75	− 0.78
38	− 0.49	− 0.53	− 0.56	− 0.60	− 0.63	− 0.66
40	− 0.35	− 0.39	− 0.44	− 0.47	− 0.50	− 0.54
42	− 0.21	− 0.26	− 0.30	− 0.35	− 0.38	− 0.42
44	− 0.07	− 0.12	− 0.17	− 0.23	− 0.26	− 0.30
45	∓ 0.00	− 0.05	− 0.10	− 0.15	− 0.20	− 0.24
46	+ 0.07	+ 0.02	− 0.04	− 0.09	− 0.13	− 0.18
47	0.14	0.08	+ 0.08	− 0.02	− 0.07	− 0.12
48	0.21	0.15	0.10	+ 0.04	− 0.01	− 0.06
49	0.28	0.22	0.16	0.11	+ 0.05	∓ 0.00
50	0.35	0.29	0.23	0.17	0.12	+ 0.06
52	0.49	0.42	0.36	0.30	0.24	0.18
54	0.62	0.55	0.49	0.42	0.36	0.30
56	0.75	0.68	0.61	0.54	0.48	0.42
58	0.88	0.81	0.73	0.66	0.59	0.53
60	1.01	0.93	0.85	0.88	0.70	0.64
65	1.29	1.21	1.12	1.04	0.99	0.88
70	1.54	1.45	1.36	1.27	1.18	1.10
75	1.74	1.64	1.55	1.46	1.36	1.28
80	1.89	1.79	1.69	1.59	1.50	1.40
90	+ 2.01	+ 1.91	+ 1.80	+ 1.70	+ 1.61	+ 1.51

(Vergl. S. 107.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
450	4223	4301	4378	4456	4533	4610	4688	18.8	15.5
451	4206	4283	4360	4437	4514	4591	4668	18.8	15.4
452	4188	4265	4342	4418	4495	4572	4649	18.7	15.4
453	4170	4247	4323	4400	4476	4552	4629	18.7	15.3
454	4153	4229	4305	4381	4457	4533	4609	18.6	15.2
455	4135	4211	4286	4362	4438	4514	4590	18.6	15.2
456	4117	4193	4268	4344	4419	4494	4569	18.6	15.1
457	4100	4175	4250	4325	4400	4475	4551	18.5	15.0
458	4082	4157	4232	4307	4382	4457	4532	18.5	15.0
459	4065	4139	4214	4288	4363	4437	4512	18.4	14.9
460	4047	4121	4195	4270	4344	4418	4492	18.4	14.8
461	4030	4104	4177	4251	4325	4399	4473	18.4	14.8
462	4012	4086	4160	4233	4307	4380	4454	18.3	14.7
463	3995	4068	4142	4215	4288	4361	4435	18.3	14.6
464	3978	4051	4124	4197	4270	4342	4415	18.2	14.6
465	3960	4033	4106	4178	4251	4323	4396	18.2	14.5
466	3943	4016	4088	4160	4232	4305	4377	18.2	14.5
467	3926	3998	4070	4142	4214	4286	4358	18.1	14.4
468	3909	3981	4052	4124	4196	4267	4339	18.1	14.3
469	3892	3963	4035	4106	4177	4249	4320	18.0	14.3
470	3875	3946	4017	4088	4159	4230	4301	18.0	14.2
471	3858	3928	3999	4070	4141	4211	4282	18.0	14.1
472	3841	3911	3981	4052	4122	4193	4263	17.9	14.1
473	3824	3894	3964	4034	4104	4174	4244	17.9	14.0
474	3807	3877	3946	4016	4086	4156	4226	17.9	14.0
475	3790	3859	3929	3998	4068	4137	4207	17.8	13.9
476	3773	3842	3911	3981	4050	4119	4188	17.8	13.8
477	3756	3825	3894	3963	4032	4101	4170	17.7	13.8
478	3739	3808	3877	3945	4014	4082	4151	17.7	13.7
479	3723	3791	3859	3927	3996	4064	4132	17.7	13.6
480	3706	3774	3842	3910	3978	4046	4114	17.6	13.6
481	3689	3757	3825	3892	3960	4028	4095	17.6	13.5
482	3673	3740	3807	3875	3942	4009	4077	17.6	13.5
483	3656	3723	3790	3857	3924	3991	4058	17.5	13.4
484	3639	3706	3773	3840	3906	3973	4040	17.5	13.3
485	3623	3689	3756	3822	3888	3955	4021	17.4	13.3
486	3605	3672	3738	3805	3871	3937	4004	17.4	13.2
487	3590	3656	3721	3787	3853	3919	3985	17.4	13.2
488	3573	3639	3704	3770	3835	3901	3966	17.3	13.1
489	3557	3622	3687	3753	3818	3883	3948	17.3	13.0
490	3541	3605	3670	3735	3800	3865	39 0	17.3	13.0
491	3524	3589	3653	3718	3783	3847	3912	17.2	12.9
492	3508	3572	3637	3701	3765	3830	3894	17.2	12.9
493	3492	3556	3620	3684	3748	3812	3876	17.2	12.8
494	3475	3539	3603	3667	3730	3794	3858	17.1	12.7
495	3459	3523	3586	3649	3713	3776	3840	17.1	12.7

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
495	3459	3523	3586	3649	3713	3776	3840	17.1	12.7
496	3443	3506	3569	3632	3695	3759	3822	17.1	12.6
497	3427	3490	3553	3615	3678	3741	3804	17.0	12.6
498	3411	3473	3536	3598	3661	3723	3786	17.0	12.5
499	3395	3457	3519	3581	3644	3706	3768	17.0	12.4
500	3379	3441	3502	3564	3626	3688	3750	16.9	12.4
501	3363	3424	3486	3548	3609	3671	3732	16.9	12.3
502	3347	3408	3469	3531	3592	3653	3715	16.9	12.3
503	3331	3392	3453	3514	3575	3636	3697	16.8	12.2
504	3315	3375	3436	3497	3558	3618	3679	16.8	12.2
505	3299	3359	3420	3480	3541	3601	3662	16.8	12.1
506	3283	3343	3403	3464	3524	3584	3644	16.7	12.0
507	3267	3327	3387	3447	3507	3566	3626	16.7	12.0
508	3251	3311	3371	3430	3490	3549	3609	16.7	11.9
509	3236	3295	3354	3413	3473	3532	3591	16.6	11.9
510	3220	3279	3338	3397	3456	3515	3574	16.6	11.8
511	3204	3263	3322	3380	3439	3498	3556	16.6	11.7
512	3188	3247	3305	3364	3422	3481	3539	16.5	11.7
513	3173	3231	3289	3347	3406	3464	3522	16.5	11.6
514	3157	3215	3273	3331	3389	3447	3504	16.5	11.6
515	3 42	3199	3257	3314	3372	3430	3487	16.4	11.5
516	3126	3183	3241	3298	3355	3413	3470	16.4	11.5
517	3111	3168	3225	3282	3339	3396	3453	16.4	11.4
518	3095	3152	3209	3265	3322	3379	3435	16.3	11.3
519	3080	3136	3193	3249	3305	3362	3418	16.3	11.3
520	3064	3120	3176	3233	3289	3345	3401	16.3	11.2
521	3049	3105	3161	3216	3272	3328	3384	16.2	11.2
522	3033	3089	3145	3200	3256	3311	3367	16.2	11.1
523	3018	3073	3129	318[illegible]	3239	3295	3350	16.2	11.1
524	3003	3058	3113	3168	3223	3278	3333	16.1	11.0
525	2987	3042	3097	3152	3206	3261	3316	16.1	11.0
526	2972	3027	3081	3136	3190	3244	3299	16.1	10.9
527	2957	3011	3065	3120	3174	3228	3 82	16.1	10.8
528	2942	2996	3050	3104	3157	3211	3265	16.0	10.8
529	2926	2980	3034	3087	3141	3195	3248	16.0	10.7
530	2911	2965	3018	3071	3125	3178	3231	16.0	10.7
531	2896	2949	3002	3056	3109	3162	3215	15.9	10.6
532	2881	2934	2987	3040	3092	3145	3198	15.9	10.6
533	2866	2919	2971	3024	3076	3129	3181	15.9	10.5
534	2851	2903	2956	3008	3060	3113	3165	15.8	10.5
535	2836	2888	2940	2992	3044	3096	3148	15.8	10.4
536	2821	2873	2925	2976	3028	3080	3132	15.8	10.4
537	2806	2858	2909	2961	3012	3063	3115	15.8	10.3
538	2791	2842	2894	2945	2996	3047	3098	15.7	10.2
539	2776	2827	2878	2929	2980	3031	3082	15.7	10.2
540	2761	2812	2863	2913	2964	3015	3065	15.7	10.1

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
540	2761	2812	2863	2913	2964	3015	3065	15.7	10.1
541	2746	2797	2847	2898	2948	2998	3049	15.6	10.1
542	2732	2782	2832	2882	2932	2982	3032	15.6	10.0
543	2717	2767	2817	2867	2916	2966	3016	15.6	10.0
544	2702	2752	2801	2851	2900	2950	3000	15.6	9.9
545	2687	2737	2786	2835	2885	2934	2983	15.5	9.9
546	2673	2722	2771	2820	2869	2918	2967	15.5	9.8
547	2658	2707	2756	2804	2853	2902	2951	15.5	9.8
548	2643	2692	2741	2789	2837	2886	2934	15.4	9.7
549	2629	2677	2725	2773	2822	2870	2918	15.4	9.6
550	2614	2662	2710	2758	2806	2854	2902	15.4	9.6
551	2600	2647	2695	2743	2790	2838	2886	15.4	9.5
552	2585	2633	2680	2727	2775	2822	2870	15.3	9.5
553	2571	2618	2665	2712	2759	2806	2854	15.3	9.4
554	2556	2603	2650	2697	2744	2791	2837	15.3	9.4
555	2542	2588	2635	2682	2728	2775	2821	15.2	9.3
556	2527	2574	2620	2666	2713	2759	2805	15.2	9.3
557	2513	2559	2605	2651	2697	2743	2789	15.2	9.2
558	2498	2544	2590	2636	2682	2728	2774	15.2	9.2
559	2484	2530	2575	2621	2666	2712	2757	15.1	9.1
560	2470	2515	2560	2606	2651	2696	2742	15.1	9.1
561	2455	2500	2546	2591	2636	2681	2726	15.1	9.0
562	2441	2486	2531	2576	2620	2665	2710	15.1	9.0
563	2427	2471	2516	2561	2605	2650	2694	15.0	8.9
564	2413	2457	2501	2546	2590	2634	2678	15.0	8.9
565	2398	2442	2486	2531	2574	2618	2662	15.0	8.8
566	2384	2428	2471	2516	2559	2603	2647	14.9	8.7
567	2370	2414	2457	2501	2544	2588	2631	14.9	8.7
568	2356	2399	2442	2486	2529	2572	2615	14.9	8.6
569	2342	2385	2428	2471	2514	2557	2599	14.9	8.6
570	2328	2371	2413	2456	2499	2541	2584	14.8	8.5
571	2314	2356	2399	2441	2483	2526	2568	14.8	8.5
572	2300	2342	2384	2426	2468	2511	2553	14.8	8.4
573	2286	2328	2370	2412	2453	2495	2537	14.8	8.4
574	2272	2313	2355	2397	2438	2480	2522	14.7	8.3
575	2258	2299	2341	2382	2423	2465	2506	14.7	8.3
576	2244	2285	2326	2367	2408	2450	2491	14.7	8.2
577	2230	2271	2312	2353	2394	2434	2475	14.7	8.2
578	2216	2257	2297	2338	2379	2419	2460	14.6	8.1
579	2202	2243	2283	2323	2364	2404	2444	14.6	8.1
580	2188	2229	2269	2309	2349	2389	2429	14.6	8.0
581	2175	2215	2254	2294	2334	2374	2414	14.6	8.0
582	2161	2200	2240	2280	2319	2359	2399	14.5	7.9
583	2146	2185	2225	2265	2305	2345	2384	14.5	7.9
584	2133	2172	2212	2251	2290	2329	2368	14.5	7.8
585	2120	2158	2197	2236	2275	2314	2353	14.5	7.8

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	mm	m
585	2120	2158	2197	2236	2275	2314	2353	14.5	7.8
586	2106	2145	2183	2222	2260	2299	2338	14.4	7.7
587	2092	2131	2169	2207	2246	2284	2322	14.4	7.7
588	2079	2117	2155	2193	2231	2269	2307	14.4	7.6
589	2065	2103	2141	2179	2216	2254	2292	14.4	7.6
590	2051	2089	2127	2164	2202	2239	2277	14.3	7.5
591	2038	2075	2113	2150	2197	2225	2262	14.3	7.5
592	2024	2061	2098	2136	2173	2210	2247	14.3	7.4
593	2011	2048	2085	2121	2158	2195	2232	14.3	7.4
594	1997	2034	2070	2107	2144	2180	2217	14.2	7.3
595	1984	2020	2056	2093	2129	2165	2202	14.2	7.3
596	1970	2006	2042	2079	2115	2151	2187	14.2	7.2
597	1957	1993	2029	2065	2100	2136	2172	14.2	7.2
598	1943	1979	2015	2050	2086	2122	2157	14.1	7.1
599	1930	1965	2001	2036	2072	2107	2142	14.1	7.1
600	1917	1952	1987	2022	2057	2092	2127	14.1	7.0
601	1903	1938	1973	2008	2043	2078	2113	14.1	7.0
602	1890	1925	1959	1994	2029	2063	2098	14.1	6.9
603	1877	1911	1946	1980	2014	2049	2083	14.0	6.9
604	1863	1898	1932	1966	2000	2034	2068	14.0	6.8
605	1850	1884	1918	1952	1983	2020	2053	14.0	6.8
606	1837	1870	1904	1938	1972	2005	2039	14.0	6.7
607	1824	1857	1891	1924	1957	1991	2024	13.9	6.7
608	1810	1844	1877	1910	1943	1976	2010	13.9	6.6
609	1797	1830	1863	1896	1929	1962	1995	13.9	6.6
610	1784	1817	1850	1882	1915	1948	1980	13.9	6.5
611	1771	1803	1836	1868	1901	1933	1966	13.8	6.5
612	1758	1790	1822	1855	1887	1919	1951	13.8	6.4
613	1745	1777	1809	1841	1873	1905	1937	13.8	6.4
614	1732	1763	1795	1827	1859	1890	1922	13.8	6.4
615	1719	1750	1782	1813	1845	1876	1908	13.8	6.3
616	1706	1737	1768	1799	1831	1862	1893	13.7	6.3
617	1693	1724	1755	1786	1817	1848	1879	13.7	6.2
618	1680	1710	1741	1772	1803	1834	1864	13.7	6.2
619	1667	1697	1728	1758	1789	1819	1850	13.7	6.1
620	1654	1684	1714	1745	1775	1805	1835	13.6	6.1
621	1641	1671	1701	1731	1761	1791	1821	13.6	6.0
622	1628	1658	1688	1718	1747	1777	1807	13.6	6.0
623	1615	1645	1674	1704	1734	1763	1793	13.6	5.9
624	1602	1632	1661	1690	1720	1749	1779	13.6	5.9
625	1590	1619	1648	1677	1706	1735	1764	13.5	5.8
626	1577	1606	1635	1663	1692	1721	1750	13.5	5.8
627	1564	1593	1621	1650	1679	1707	1736	13.5	5.7
628	1551	1579	1608	1636	1665	1693	1722	13.5	5.7
629	1538	1566	1595	1623	1651	1679	1707	13.4	5.6
630	1525	1553	1581	1609	1637	1665	1693	13.4	5.6

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 15°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
630	1525	1558	1581	1609	1637	1665	1698	13.4	5.6
631	1513	1540	1568	1596	1624	1651	1679	13.4	5.5
632	1500	1527	1555	1582	1610	1637	1665	13.4	5.5
633	1487	1515	1542	1569	1596	1624	1651	13.4	5.5
634	1475	1502	1529	1556	1583	1610	1637	13.3	5.4
635	1462	1489	1516	1542	1569	1596	1623	13.3	5.4
636	1450	1476	1503	1529	1556	1582	1609	13.3	5.3
637	1437	1463	1489	1516	1542	1569	1595	13.3	5.3
638	1424	1450	1476	1502	1529	1555	1581	13.3	5.2
639	1412	1438	1463	1489	1515	1541	1567	13.2	5.2
640	1399	1425	1450	1476	1502	1527	1553	13.2	5.1
641	1387	1412	1437	1463	1488	1514	1539	13.2	5.1
642	1374	1399	1424	1450	1475	1500	1525	13.2	5.0
643	1362	1387	1412	1436	1461	1486	1511	13.2	5.0
644	1349	1374	1399	1423	1448	1473	1498	13.1	4.9
645	1337	1361	1386	1410	1435	1459	1484	13.1	4.9
646	1324	1349	1373	1397	1421	1446	1470	13.1	4.9
647	1312	1336	1360	1384	1408	1432	1456	13.1	4.8
648	1300	1323	1347	1371	1395	1419	1442	13.1	4.8
649	1287	1311	1334	1358	1382	1405	1429	13.0	4.7
650	275	1298	1321	1345	1368	1392	1415	13.0	4.7
651	1263	1286	1309	1332	1355	1378	1401	13.0	4.6
652	1250	1273	1296	1319	1342	1365	1388	13.0	4.6
653	1238	1260	1283	1306	1329	1351	1374	13.0	4.5
654	1226	1248	1271	1293	1315	1338	1360	12.9	4.5
655	1213	1236	1258	1280	1302	1325	1347	12.9	4.4
656	1201	1223	1245	1267	1289	1311	1333	12.9	4.4
657	11-9	1211	1232	1254	1276	1298	1320	12.9	4.4
658	1177	1198	1220	1241	1263	1285	1306	12.9	4.3
659	1165	1186	1207	1229	1250	1271	1293	12.8	4.3
660	1152	1173	1195	1216	1237	1258	1279	12.8	4.2
661	1140	1161	1182	1203	1224	1245	1266	12.8	4.2
662	1128	1149	1169	1190	1211	1232	1252	12.8	4.1
663	1116	113[illegible]	1157	1177	1198	1218	1239	12.8	4.1
664	1104	1124	1144	1165	1185	1205	4225	12.7	4.0
665	1092	1112	1132	1152	1172	1192	1212	12.7	4.0
666	1080	1100	1119	1139	1159	1179	1199	12.7	4.0
667	1068	1087	1107	1126	1146	1166	1185	12.7	3.9
668	1056	1075	1094	1114	1133	1153	1172	12.7	3.9
669	1044	1063	1082	1101	1120	1119	1159	12.6	3.8
670	1032	1051	1070	1088	1107	1126	1145	12.6	3.8
671	1020	1038	1057	1076	1095	1113	1132	12.6	3.7
672	1008	1026	1045	1063	1082	1100	1119	12.6	3.7
673	996	1014	1032	1051	1069	1087	1106	12.6	3.7
674	984	1002	1020	1038	1056	1074	1092	12.6	3.6
675	972	990	1008	1026	1043	1061	1079	12.5	3.6

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 150°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
675	972	990	1008	1026	1043	1061	1079	12.5	3.6
676	960	978	996	1013	1031	1048	1066	12.5	3.5
677	949	966	983	1001	1018	1035	1053	12.5	3.5
678	937	954	971	988	1005	1022	1040	12.5	3.4
679	925	942	959	976	993	1010	1027	12.5	3.4
680	913	930	946	963	980	997	1013	12.4	3.3
681	901	918	934	951	967	984	1000	12.4	3.3
682	890	906	922	938	955	971	987	12.4	3.3
683	878	894	910	926	942	958	974	12.4	3.2
684	866	882	898	914	929	945	961	12.4	3.2
685	854	870	886	901	917	933	948	12.3	3.1
686	843	858	873	889	904	920	935	12.3	3.1
687	831	846	861	877	892	907	922	12.3	3.0
688	819	834	849	864	879	894	909	12.3	3.0
689	808	822	837	852	867	882	896	12.3	3.0
690	796	810	825	840	854	869	883	12.3	2.9
691	784	799	813	827	842	856	871	12.2	2.9
692	773	787	801	815	829	843	858	12.2	2.8
693	761	775	789	803	817	831	845	12,2	2.8
694	750	763	777	791	805	818	832	12.2	2.7
695	738	752	765	779	792	806	819	12.2	2.7
696	726	740	753	766	780	793	807	12.2	2.7
697	715	728	741	754	767	781	794	12.1	2.6
698	703	716	729	742	755	768	781	12.1	2.6
699	692	705	717	730	743	755	768	12.1	2.5
700	680	693	705	718	730	743	755	12.1	2.5
701	669	681	694	706	718	730	743	12.1	2.5
702	658	670	682	694	706	718	730	12.1	2.4
703	646	658	670	682	694	706	717	12.0	2.4
704	635	646	658	670	681	693	705	12.0	2.3
705	623	635	646	658	669	681	692	12.0	2.3
706	612	623	635	646	657	668	680	12.0	2.2
707	601	612	623	634	645	656	667	12.0	2.2
708	589	601	611	622	633	643	654	11.9	2.2
709	578	589	599	610	621	631	642	11.9	2.1
710	557	577	588	598	608	619	629	11.9	2.1
711	555	566	576	586	596	606	617	11.9	2.0
712	544	554	564	574	584	594	604	11.9	2.0
713	533	543	553	562	572	582	592	11.9	2.0
714	522	531	541	550	560	570	579	11.8	1.9
715	511	520	529	539	548	557	567	11.8	1.9
716	500	508	518	527	536	545	554	11.8	1.8
717	488	497	506	515	524	533	542	11.8	1.8
718	477	486	494	503	512	521	530	11.8	1.7
719	466	474	483	491	500	509	517	11.8	1.7
720	455	463	471	480	488	496	505	11.7	1.7

(Vergl. S. 141.)

V. Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur							Differenz für 1 mm bei 150°	Differenz für 1°
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m
720	445	463	471	480	488	496	505	11.7	1.7
721	443	452	460	468	476	484	492	11.7	1.6
722	432	440	448	456	464	472	480	11.7	1.6
723	421	429	437	444	452	460	468	11.7	1.5
724	410	418	425	433	440	448	456	11.7	1.5
725	399	406	414	421	428	436	443	11.7	1.5
726	388	395	402	409	417	424	431	11.7	1.4
727	377	384	391	398	405	412	419	11.6	1.4
728	366	373	379	386	393	400	406	11.6	1.3
729	355	362	368	375	381	388	393	11.6	1.3
730	344	350	357	363	369	376	382	11.6	1.3
731	333	339	345	351	358	364	370	11.6	1.2
732	322	328	334	340	346	352	358	11.6	1.2
733	311	317	323	328	334	340	345	11.5	1.1
734	300	306	311	317	322	328	333	11.5	1.1
735	289	295	300	305	311	316	321	11.5	1.1
736	278	284	289	294	299	304	309	11.5	1.0
737	267	272	277	282	287	292	297	11.5	1.0
738	257	261	266	271	275	280	285	11.5	0.9
739	246	250	255	259	264	268	273	11.4	0.9
740	235	239	243	248	252	256	261	11.4	0.9
741	224	228	232	236	241	245	249	11.4	0.8
742	213	217	221	225	229	233	237	11.4	0.8
743	202	206	210	214	217	221	225	11.4	0.7
744	192	195	199	202	206	209	213	11.4	0.7
745	181	184	188	191	194	198	201	11.4	0.7
746	170	173	176	179	183	186	189	11.3	0.6
747	159	162	165	168	171	174	177	11.3	0.6
748	148	151	154	157	160	162	165	11.3	0.5
749	138	140	143	146	148	151	153	11.3	0.5
750	127	130	132	134	137	139	141	11.3	0.5
751	117	119	121	123	125	127	129	11.3	0.4
752	105	108	110	112	114	116	118	11.2	0.4
753	95	97	99	101	102	104	106	11.2	0.3
754	85	86	88	89	91	92	94	11.2	0.3
755	74	75	77	78	79	81	82	11.2	0.3
756	64	65	66	67	68	69	70	11.2	0.2
757	53	54	55	56	57	58	59	11.2	0.2
758	42	43	44	45	45	46	47	11.2	0.1
759	32	32	33	33	34	35	35	11.1	0.1
760	21	21	22	22	23	23	23	11.1	0.1
761	10	11	11	11	11	11	12	11.1	0.0
762	0	0	0	0	0	0	0	11.1	0.0
763	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−12	11.1	0.0
764	−21	−21	−22	−22	−23	−23	−23	11.1	−0.1
765	−31	−32	−33	−33	−34	−34	−35	11.1	−0.1

Vergl. S. 141.)

VI. Trigonometrische Höhenmessung.

$$h = a \operatorname{tg} \alpha + \frac{1-k}{2r} a^2.$$

Höhen-winkel α	Entfernung a in Kilometern																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
° ′	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0 0	0	1	2	4	7	9	13	17	21	26	32	38	45	52	60	67	76	86	96	106
0 5	3	7	11	16	21	27	33	40	48	55	64	73	83	93	104	114	126	138	151	164
0 10	6	13	20	28	36	44	54	64	74	85	96	108	121	134	147	160	175	191	207	223
0 15	9	19	29	39	50	62	74	87	100	114	128	143	159	175	191	207	225	243	262	281
0 20	12	24	37	51	65	79	95	110	126	143	160	178	197	215	235	253	274	296	317	338
0 25	15	30	46	63	79	97	115	134	152	172	192	213	234	256	278	300	324	348	373	396
0 30	18	36	55	74	94	114	135	157	179	201	224	248	272	296	321	347	373	401	427	454
0 35	21	42	64	86	109	132	156	180	205	230	256	283	310	337	365	393	423	452	482	512
0 40	24	48	72	97	123	149	176	203	231	259	288	318	347	377	408	440	472	504	537	570
0 45	27	54	81	109	138	167	197	227	257	289	320	353	385	418	452	486	521	556	592	629
0 50	29	59	90	121	152	184	217	250	284	318	352	388	423	459	496	533	570	609	648	687
0 55	32	65	99	132	167	202	237	273	310	347	385	423	460	500	539	579	620	661	703	745
1 0	35	71	107	144	181	219	258	297	336	376	416	457	498	540	583	626	669	714	758	803
1 5	38	77	116	156	196	237	278	320	362	405	448	492	536	581	626	672	719	766	814	862
1 10	41	83	125	167	210	254	299	343	388	434	480	527	574	622	670	719	768	818	869	920
1 15	44	89	134	179	225	272	319	367	415	463	512	562	612	663	714	766	818	871	924	978
1 20	47	94	142	191	240	289	339	390	441	492	544	597	650	703	757	812	867	923	980	
1 25	50	100	151	202	254	307	360	413	467	521	576	632	687	744	801	859	917	976		
1 30	53	106	160	214	269	324	380	437	493	550	608	666	725	785	845	905	966			
1 35	56	112	168	226	283	342	401	460	519	579	640	701	763	826	888	952				
1 40	59	118	177	237	298	359	421	483	545	608	672	736	801	866	932	999				
1 45	61	123	186	249	313	377	441	506	571	637	704	771	839	907	976					
1 50	64	129	195	261	327	394	462	529	597	667	736	806	877	948						
1 55	67	135	203	273	342	412	482	552	624	696	768	841	914	989						
2 0	70	141	212	284	356	429	502	576	650	725	800	876	952							
2 5	73	147	221	296	371	446	522	599	676	754	832	911	990							
2 10	76	153	230	307	385	463	543	622	702	783	864	946								
2 15	79	158	238	319	400	481	563	646	729	812	896	981								
2 20	82	164	247	331	414	498	583	669	755	841	928									
2 25	85	170	256	342	429	516	604	692	781	870	960									
2 30	88	176	265	354	444	533	624	715	807	900	992									
2 35	91	182	273	366	458	551	645	739	833	929										
2 40	94	188	282	377	473	568	665	762	860	958										
2 45	96	193	291	389	487	586	685	785	886	988										
2 50	99	199	300	401	502	603	706	809	912											
2 55	102	205	308	412	517	621	726	832	938											
3 0	105	211	317	424	532	639	747	856	965											
3 5	108	217	326	435	545	656	767	879	991											
3 10	111	222	334	447	560	674	788	902												
3 15	114	228	343	458	574	691	808	926												
3 20	118	234	352	470	589	708	828	949												
3 25	120	240	361	482	604	726	849	972												
3 30	123	246	369	493	618	743	869	996												

Die Photogrammetrie als Hilfsmittel der Geländeaufnahme.

Von

S. Finsterwalder.

An Stelle der unmittelbaren Messungen tritt bei Geländeaufnahmen vielfach die Photographie. Die erzielten Bilder werden zur Ausmessung oder Konstruktion der dargestellten Gegenstände verwendet. Dieser Ersatz der unmittelbaren Messung ist nur dann gerechtfertigt, wenn es sich um die gleichzeitige Bestimmung einer gröfseren Anzahl von Punkten mit mäfsiger Genauigkeit handelt. Einzelmessungen von hoher Genauigkeit werden in der Regel besser und einfacher auf direktem Wege gewonnen.

1. Grundbegriffe der Photogrammetrie. Die Ebene der lichtempfindlichen Platte, auf welcher die photographische Linse das Bild entwirft, heifst Bildebene. Es wird eine perspektivisch richtig zeichnende Linse vorausgesetzt. In diesem Falle gibt es einen festen Punkt (meist im Innern der Linse), der als Zentrum bezeichnet wird und die Eigenschaft besitzt, dafs die von ihm aus nach den einzelnen Bildpunkten gezogenen Strahlen die gleichen Winkel untereinander einschliefsen, wie die vom Standpunkte des Apparates nach den entsprechenden Objektpunkten laufenden Strahlen. Ist die Lage des Zentrums gegen die Bildebene bekannt, so lassen sich die genannten Winkel aus dem Bilde entnehmen, andernfalls nicht. Die Abmessungen, welche die Lage des Zentrums gegen die Bildebene festlegen, bestimmen die innere Orientierung des photographischen Apparates; sie hängen von dessen Stellung im Raume nicht ab und sind unveränderlich, solange sich der Apparat nicht ändert. Man fällt vom

Zentrum O (Fig. 1)[1]) ein Lot OA auf die Bildebene e; dieses heifst die (optische) Achse des Apparates und soll mit der optischen Achse der Linse zusammenfalleu. Der Fufspunkt A des Lotes ist der Hauptpunkt und sein Abstand vom Zentrum bis zur Bildebene heifst Bildweite D. Für die Bilder ferngelegener Gegenstände fällt sie mit der Brennweite der Linse zusammen. Hauptpunkt und Bildweite bilden die Konstanten der inneren Orientierung. Bei einem Apparate, der freihändig gebraucht wird, kann man nur die Konstanten der inneren Orientierung bestimmen. Die Stellung des Apparates im Raume wird durch die äufsere Orientierung gegeben. Man legt durch die optische Achse eine Lotebene. Der Winkel α, den sie mit der Meridianebene — im Uhrzeigersinn gerechnet — bildet, heifst das Azimut der Achse oder der photographischen Aufnahme. Der Winkel ν der optischen Achse gegen die wagrechte Ebene heifst Neigung der photographischen Aufnahme. Die Lotebene durch die optische Achse schneidet die Bildebene in einer durch den Hauptpunkt gehenden Linie VV, welche Hauptvertikale genannt wird. Die wagrechte Ebene durch das Zentrum schneidet die Bildebene im Horizont HH. Bei wagrechter optischer Achse und lotrechter Bildebene geht der Horizont durch den Hauptpunkt. Azimut, Neigung, Hauptvertikale und Horizont sind Bestimmungsstücke der äufseren Orientierung und hängen von der Stellung des Apparates im Augenblick der Aufnahme ab. Die drei letztgenannten Stücke beziehen sich auf die äufsere Orientierung gegen die Lotlinie.

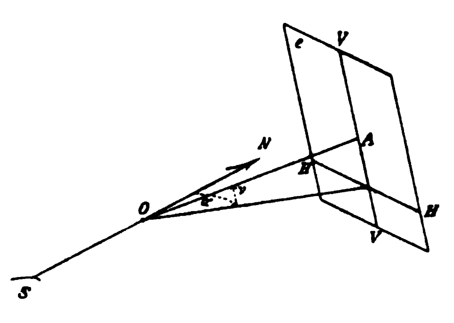


Fig. 1.

2. Photogrammetrische Apparate. Damit ein photographischer Apparat zu Messungszwecken brauchbar sei, mufs er eine perspektivisch richtig zeichnende (orthoskopische) Linse

[1]) In allen Figuren und Konstruktionsaufgaben gehen wir der Übersichtlichkeit halber von positiven Bildern aus. Während bei der Aufnahme in Wirklichkeit die Bilder auf eine (vom Objekt aus betrachtet) hinter der Linse gelegene negative Bildebene entworfen werden, ersetzen wir dieselbe bei der Konstruktion durch eine im gleichen Abstande vor der Linse gelegene positive Bildebene.

besitzen und mit Einrichtungen versehen sein, die mindestens seine innere Orientierung im gebrauchsfähigen Zustande sichern. Wenn auch die äufsere Orientierung gegen die Lotlinie jeder Aufnahme ermittelt werden kann, nennen wir den Apparat einen Photogrammeter. Unter einem Phototheodolit verstehen wir die Vereinigung eines photographischen Apparates mit einem Theodolit, womit demnach sowohl photogrammetrische Aufnahmen als auch beliebige Horizontal- und Vertikalwinkelmessungen gemacht werden können. Für die Zwecke der Geländeaufnahme kommen nur Apparate mit konstanter Bildweite gleich der Brennweite in Betracht. Damit die Lage des Hauptpunktes auf jeder Aufnahme festgelegt werden kann, müssen stets Marken, die mit dem Apparat (nicht mit der Kassette) in fester Verbindung sind, mitabgebildet werden; am besten ist hierzu ein ebener rechteckiger Rahmen mit Einkerbungen in den Mitten der Rechtecksseiten geeignet, der entweder an der lichtempfindlichen Platte anliegt oder sich in einiger Entfernung (bis zu etwa 4 mm) in paralleler Stellung zu ihr befindet. Dieser Rahmen mufs in unveränderlicher Verbindung mit der Linse sein, was am sichersten mittels einer starren Kamera aus Metall erzielt wird. Das Bild dieses Rahmens begrenzt das Gesichtsfeld des Apparates. Auf die bekannten Abmessungen des Rahmens werden alle aus den Bildern entnommenen Mafse umgerechnet. Das Gesichtsfeld wird in der Regel durch den Winkel ausgedrückt, unter welchem die Mittellinien des Rahmens vom Zentrum der Linse aus erscheinen. Das der Längsdimension des Formates entsprechende Gesichtsfeld beträgt 45° — 60°, das des Querdimension entsprechende 35° — 45°, je nachdem die Bildweite etwas unter der Langseite des Rechteckes bleibt oder sich der Länge der Diagonalen nähert. Innerhalb dieser Grenzen pflegen bessere Objektive bis auf einige Minuten verzeichnungsfrei zu sein. In der Regel werden die Photogrammeter ausschliesslich mit senkrechter Bildebene benützt. In diesem Falle umfassen, wenn der Apparat das Querformat hat, sechs bis acht Aufnahmen den Horizont. Befindet sich der Hauptpunkt in der Mitte des Rahmens, so ist das nutzbare Gesichtsfeld in der Lotrechten mit ± 17.5° — 22.5° Vertikalwinkel für Gebirgsaufnahmen zu gering, und man sieht daher eine Verschiebung der Linse in der Vertikalrichtung vor, durch welche je nach der Stellung Höhen- oder Tiefenwinkel bis zu 30° noch zur Abbildung kommen können. Es mufs dann die Linse ein erheblich gröfseres Format perspektivisch richtig und scharf auszeichnen. Hauptvertikale und

Horizont kann man durch ein in den Rahmen gespanntes Fadenkreuz aus Metallfäden von 0.03 – 0.05 mm Dicke zur Abbildung bringen. Arbeitet man mit kleiner Blende, so können diese Fäden bis zu 4 mm von der lichtempfindlichen Platte entfernt sein, ohne dafs sie aufhören, sich scharf abzubilden. Vielfach begnügt man sich, die Enden des Fadenkreuzes durch Einkerbungen im Rahmen zu markieren und die Fäden fortzulassen. Das Format photogrammetrischer Apparate schwankt zwischen 9 × 12 cm und 18 × 24 cm mit Bildweiten zwischen 10 cm und 27 cm. Obwohl die erzielbare Genauigkeit mit der Bildweite wächst, haben die grofsen Formate viel Nachteile gegenüber den kleinen. Das Gewicht von Apparat und Platten steigt annähernd mit dem Kubus der Bildweite. Gröfsere Apparate müssen zerlegbar gebaut werden, um transportfähig zu sein. Der Gewinn an Genauigkeit infolge Vergröfserung der Bildweite wird durch die mitvergröfserten Fehler der Linse, durch die vermehrte Unebenheit der Platten und durch den geringen Grad der Unveränderlichkeit schwerer Apparate stark beeinträchtigt. Der Vorzug der bequemeren Benützung der grofsen Bilder kann durch Vergröfserung der kleinen einigermafsen wettgemacht werden. Für Routen- und Geländeaufnahmen mit Mafsstäben unter 1 : 25 000 in unbekannten Gebieten reicht das Format 9 × 12 cm mit 11 cm Bildweite aus, wobei das Gewicht des Apparates unter 3.5 kg zu halten ist. Zu genauen Einzelaufnahmen bis zu Mafsstäben von 1 : 5 000 ist das Format 12 × 16 cm mit 15 cm Bildweite zu empfehlen. Hier erreicht das Apparatgewicht schon 10 kg. Ein gröfseres Format, bei welchem das Gewicht bald auf 20 kg steigt, wird sich auf Reisen kaum jemals als angezeigt erweisen.

Ein Photogrammeter, welcher aufser der inneren Orientierung die äufsere nur gegen die Lotrichtung oder auch das Azimut mittels einer Bussole gibt, braucht keine stabile vertikale Drehachse; es genügt, ihn im Moment der Aufnahme durch Libellen gegen die Lotrichtung zu orientieren; dadurch vereinfacht sich die Konstruktion bedeutend.

Als Beispiel eines kleinen Photogrammeters für Reisezwecke im Format 9 × 12 cm sei folgendes beschrieben (Fig. 2): Eine steife Kamera aus einem lederbezogenen Aluminiumgestell bestehend, von trapezförmigem Grundrifs trägt an der schmalen Vorderseite auf einem gutgeführten Jalousieschieber das Objektiv *a*, einen Zeifsschen Protar mit 112 mm Brennweite. Die Stellung des Objektives kann nach oben und unten um je 25 mm verschoben und der

Betrag an einer Teilung mit Nonius auf 0.1 mm abgelesen werden. 108 mm hinter dem Objektiv befindet sich der Rahmen, der in Lichten 105 × 75 mm mifst. Gegen diesen Rahmen lehnt sich die Kassette, eine hölzerne Kodak-Doppelkassette mit ausziehbarem Hartgummischieber. Die lichtempfindliche Platte befindet sich 4 mm hinter dem Rahmen im Brennpunkt des Objektives. Der Rahmen bildet sich in der Gröfse 108.8 × 77.8 mm auf die Platte ab. Kleine Unterschiede in den Kassettendicken verraten sich in den Abmessungen des Rahmenbildes. Eine nichtparallele Stellung der Platte kommt in einer Abweichung von der rechteckigen Form des Rahmenbildes zum Ausdruck und kann, wie später gezeigt wird, bei der Konstruktion einfach berücksichtigt werden. Das Gesichtsfeld beträgt in horizontaler Richtung 52° in vertikaler, bei mittlerer Stellung des Objektives nach oben und unten ± 19°, bei der äufsersten Stellung nach oben + 30° und nach unten — 6.5° oder umgekehrt. Die

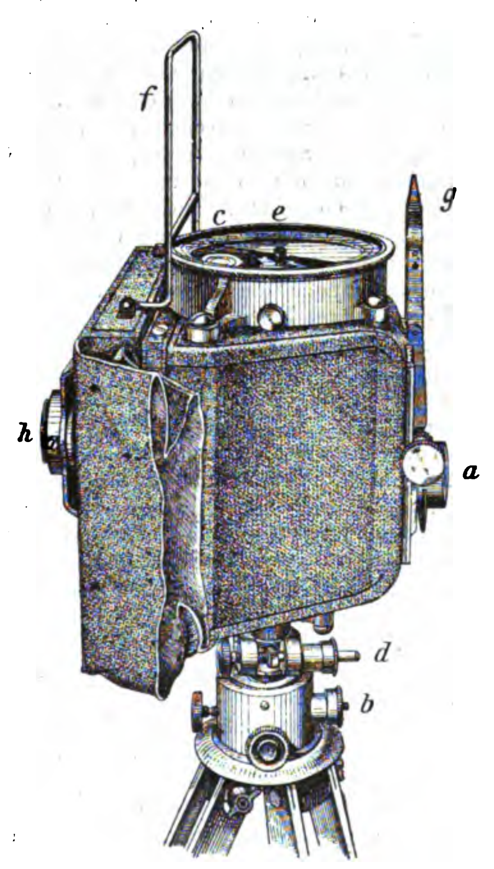


Fig. 2.

Verzeichnungsfehler der Linsen bleiben innerhalb eines Gesichtsfeldes von 73° unter 2.5′; von da ab nehmen sie rasch zu, so dafs bei äufserster Stellung des Objektives die vom Hauptpunkt etwa 39° entfernten Ecken nicht mehr ganz genau gezeichnet werden. Der Apparat ist mittels eines ein Universalgelenk und feine Horizontalbewegung *d* enthaltenden Stativ-

kopfes *b* zu orientieren. Die Horizontalstellung wird an einer Dosenlibelle *c* mit 2 mm Ausschlag auf 3′ kontrolliert. Letztere ist im Innern einer Bussole *e* (von 80 mm Teilungsdurchmesser mit Gradteilung), die zur Orientierung gegen den Meridian dient, untergebracht. Die Feineinstellung der Libelle und Ablesung an den Nadelenden geschieht, nachdem die Kassette eingeschoben und der Schieber ausgezogen ist. Um auch ohne Mattscheibe den zur Abbildung gelangenden Teil der Landschaft übersehen zu können, ist rückwärts ein aufklappbarer Sucherrahmen *f* in der Gröfse des Bildformates angebracht, dem eine mit dem Objektivschieber verbundene Marke *g* entspricht. Stellt man sich hinter den Apparat und bringt man die Marke mit einem Punkte der Landschaft zur Deckung, so zeigt die Stellung der Marke im Innern des Sucherrahmens an, dafs der Punkt noch zur Abbildung gelangt. Der Apparat kann mit einem ganz leichten, zusammenschiebbaren Holzstativ aufgestellt sein. Um demselben im Winde die nötige Standfestigkeit zu verleihen, hängt man zwischen die Beine des Stativs ein mit Steinen beschwertes Netz, dessen Last eben den Boden berührt. Wird der Apparat mit einem in den Rahmen gespannten Fadenkreuz ausgestattet, so kann man an der Rückseite des Apparates ein weitwinkliges Okular *k* zum Betrachten des Fadenkreuzes anbringen und hat dann zusammen mit dem Objektiv ein einfaches Zielfernrohr, das bei den mäfsigen Verschiebungen, die das Objektiv nach oben und unten zuläfst, auch Ziellinien von $\pm$ 15° Erhebung noch zu beobachten gestattet. Der Unterschied von 4 mm zwischen der Fadenkreuzebene und der Bildebene läfst sich vor dem Anzielen entweder durch Verschiebung des Objektives um den gleichen Betrag nach vorn oder durch Vorstecken einer schwachen Konvexlinse ausgleichen. Bei Benützung einer kleinen Objektivblende kann hiervon auch abgesehen werden. In dieser Form lassen sich mit dem Apparat unmittelbare Winkelmessungen an der Bussole vornehmen. Aus der Schieberstellung beim Zielen ergibt sich der Höhenwinkel [1]).

Prüfung des Photogrammeters.

a) Lotrechte Stellung der Rahmenebene bei einspielender Libelle. Kann nach Abnahme des Rückenteils durch Anlegung eines rechten Winkels mit Libelle an den Rahmen untersucht

---

[1]) Ein Apparat dieser Art wird vom Mechaniker Sedelbauer in München um den Preis von 360 Mk. hergestellt. Er wiegt, Verpackung, Platten und Stativ einbezogen, 3.5 kg.

werden. Desgleichen durch eine Probeaufnahme bei kleiner Blende, wobei zwei (etwa 3 m lange, 4 m vom Apparat und 3 m unter sich entfernte) Lote nahe den lotrechten Rahmenseiten zur Abbildung gelangen. Die Lotbilder müssen parallel sein.

b) Wagrechte bezw. lotrechte Stellung der Rahmenseiten bei einspielender Libelle. Entweder durch direktes Anlegen einer Libelle auf die untere wagrechte Rahmenseite oder durch Prüfung des Parallelismus der Lotbilder und der lotrechten Rahmenseite zu untersuchen.

c) Lotrechte Richtung des Schieberweges bei einspielender Libelle. Man photographiert die beiden Lote bei höchster und tiefster Stellung des Schiebers und sonst ungeändertem Apparat auf die gleiche Platte; dann müssen sich die Lotbilder decken.

d) Ermittelung der Schieberstellung, bei welcher der Horizont in die Mittelmarken des Rahmens fällt. Nachdem der Rückenteil abgenommen ist, wird, falls nicht schon ein Fadenkreuz eingezogen ist, zwischen die Mittelmarken ein Menschenhaar ausgespannt und mit Wachs festgeklebt. Dasselbe wird durch das Objektiv hindurch mittels eines geprüften Nivellierfernrohres betrachtet und bei einspielender Dosenlibelle der Schieber so lange verschoben, bis das Haar im Fadenkreuz des Nivellierfernrohres erscheint. Bei fester Schieberstellung kann die Lage des Horizontes ermittelt werden: a) durch Photographieren der Kimm (unter Berücksichtigung der Tiefe) oder eines Objektes von bekanntem kleinem Höhenwinkel; b) durch Photographieren auf dieselbe Platte eines Punktes B vom Punkte A aus und umgekehrt. Der Horizont geht durch die Mitte beider Bilder.

e) Bestimmung der Lage der Hauptvertikalen. Vor dem horizontal gestellten Instrument wird in der Entfernung von einigen Metern ein Lot[1]) aufgehängt. Hierauf schraubt man die Linse ab und legt an den Rahmen einen Spiegel an Stelle der photographischen Platte. Man stellt sich hinter das Lot und sucht dessen Spiegelbild durch die Linsenöffnung. Durch Verschiebung des Lotes oder Drehung des Apparates bringt man das Lot, sein Spiegelbild und die Mitte der Linsenöffnung in eine Vertikalebene. Bei dieser Stellung wird die Linse eingeschraubt, der Spiegel entfernt und bei kleiner Blende eine Aufnahme gemacht. Das Bild des Lotes ist die Hauptvertikale. Sie soll mit der Verbindungslinie der Mittelmarken an den wagrechten Rahmenseiten zusammenfallen. Beträgt der Unterschied weniger als 0.5 mm, so kann man

[1]) Besser noch ein Doppellot mit 5 mm entfernten Parallelfäden.

die Verbindungslinie der Marken unbedenklich statt der Hauptvertikalen nehmen. Der Einflufs einer solchen Verwechslung auf die photographierten Winkel erreicht kaum je 1′.

f) Bestimmung der Bildweite. Man photographiert auf dieselbe Platte vom gleichen Standpunkte aus ein sehr weit entferntes Objekt bei zwei Stellungen des Apparates, die um einen bekannten Drehwinkel (ca. 50°), der an der Bussole abzulesen ist, voneinander abweichen. Oder man mifst mit dem Theodolit einige Horizontalwinkel nach fernen Punkten, die das Gesichtsfeld des Apparates umfassen, und photographiert die angezielten Punkte, wobei die Linse (nicht die Drehachse des Apparates) zentrisch über den Theodolitstand zu bringen ist. Man kann auch ohne Theodolit mittels Stahlmefsbandes und Sehnentafel einige Winkel abstecken, worauf man die Marken photographiert, wobei wieder die Linse (nicht die Drehachse des Photogrammeters) zentrisch über dem gemeinsamen Winkelscheitel zu stehen hat. Die Bildpunkte P_1' P_2' P_3' P_4' (siehe Fig. 3) samt Hauptvertikale A und Rahmenseiten L R werden auf den Bildhorizont projiziert, die gemessenen Winkel O (P_1 P_2 P_3 P_4) aufgetragen und die projizierte Punktreihe so in die Winkelschenkel (mittels eines Papierstreifens) eingetragen, dafs die Punkte auf die entsprechenden Winkelschenkel zu liegen kommen und die im Hauptpunkt A auf die Punktreihe errichtete Senkrechte durch den Winkelscheitel O geht. In dieser Lage gibt die Entfernung A O des Papierstreifens vom Winkelscheitel die Bildweite an. Sollte die Genauigkeit der Zeichnung, die man übrigens durch Ausführung in doppeltem Mafsstabe steigern kann, nicht genügen, so läfst sich die Lage des Winkelscheitels zur Punktreihe auch rechnerisch bestimmen, indem man nach der Methode des Rückwärtseinschneidens jenen Punkt aufsucht, von dem aus die Punkte der projizierten Punktreihe unter den gemessenen Winkeln erscheinen. Der Fufspunkt des Lotes vom so bestimmten Punkte auf die Punktreihe gibt dann die Lage des Hauptpunktes an. Die Linien von jenem Punkte nach den durch Rahmenseiten bestimmten Enden der Punktreihe schliefsen das horizontale Gesichtsfeld ein. Die Angabe des Gesichtsfeldwinkels L O R an Stelle der Bildweite gestattet, auf einfache Weise die Bildweite nach den Rahmendimensionen des Bildes zu regeln, und ist daher vorzuziehen.

g) Bestimmung der Mifsweisung der Kompafsnadel. Man photographiert ein Objekt von bekanntem Azimut und bestimmt aus dem Bild den Horizontalwinkel gegen die Hauptvertikale. Der Unterschied dieses Winkels gegenüber der Kompafsablesung gibt die Mifsweisung einschliefslich des Nullpunktfehlers an.

Der beschriebene Apparat ist das Beispiel eines möglichst einfach konstruierten Photogrammeters. Verwickelter wird die Konstruktion, sobald man die Forderung stellt, dafs während der Aufnahme die lichtempfindliche Platte am Rahmen genau anliegt. Für kleine Formate kann man diese Forderung am leichtesten erfüllen, wenn man den Apparat vor jeder Aufnahme in den Wechselsack steckt und dort die Platte einschiebt. Wechselkassetten, die sonst für Photogrammeter [1]) recht brauchbar sind, verlangen meist, dafs die Platten in Rähmchen liegen, was das genaue Anlegen an einen festen Rahmen erschwert. Nur wenn das Rähmchen (siehe Fig. 4)

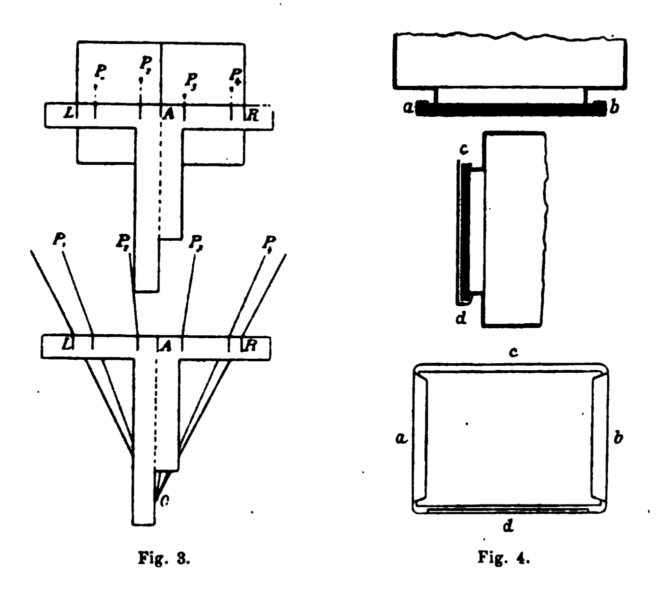


Fig. 3. Fig. 4.

die Platte blofs an zwei Parallelseiten *a b* umfafst, ist ein glattes Vorbeischieben am Markenrahmen denkbar. Sobald man verlangt, dafs das Laden des Apparates ohne Beeinträchtigung der Orientierung erfolgt, was bei den eigentlichen Phototheodoliten der Fall ist, steigern sich die Konstruktionsschwierigkeiten namentlich bei gröfseren Formaten.

[1]) Die Firma G. Secretan in Paris liefert Photogrammeter und Phototheodolite mit Wechselkassette im Format 6.5 × 9 cm. In Deutschland baut Gustav Heyde in Dresden Phototheodolite im Format 13 × 13 cm und 18 × 24 cm mit Magazinwechselkassette, welche nur beim Ein- und Ausladen der Platten an die Kamera gebracht wird.

Der Phototheodolit. Wenn man einen Photogrammmeter so weit ausbaut, dafs Aufnahmen unter beliebigen Neigungen vorgenommen werden können, liegt es nahe, ihn mit einem stabilen Achsensystem auszustatten und dann auch zum Winkelmesser einzurichten. Am bequemsten geschieht dies, wenn man den zuerst von Paganini [1]) ausgeführten Kunstgriff, die photographische Linse als Fernrohrobjektiv zu benützen, anwendet. Das Fernrohr des Theodolits wird rückwärts so erweitert, dafs es die Platte aufnehmen kann, die in die Ebene des Fadenkreuzes zu liegen kommt. Als solches dient entweder ein über die Rahmenebene gespanntes Kreuz aus Metallfäden oder eine auswechselbare Glasplatte mit eingeritztem Kreuz. Dasselbe wird durch das Okular betrachtet, das während der Aufnahme zurückgezogen und abgedeckt wird. Dieses Kamerafernrohr, dessen optische Leistung bei mäfsiger (bis zu zehnfacher) Vergröfserung ganz befriedigend ist, soll sowohl im geladenen wie im ungeladenen Zustand ausbalanciert sein. Man kann das erreichen, wenn die Fassung der auswechselbaren Fadenkreuzplatte gleiches Gewicht wie die geladene Kassette hat. Eine vollkommene Unveränderlichkeit der Bildweite beziehungsweise das genaue Anliegen der lichtempfindlichen Platte an den Markenrahmen kann erzielt werden: a) dadurch, dafs man die Fernrohrkamera abnehmbar macht und unmittelbar vor jeder Aufnahme im Wechselsack lädt [2]); b) durch Benützung einer einzigen genau gearbeiteten Metallkassette, die vor jeder Aufnahme im Wechselsack geladen wird [3]); c) durch Anbringung eines mit der Kamera durch einen Balg verbundenen beweglichen Rückenteiles, in welchen die Kassette eingeschoben wird. Sobald der Schieber geöffnet ist, prefst man die Kassette gegen den vorstehenden Rahmen, so dafs dieser glatt auf der Platte aufliegt. In dieser Stellung geschieht die Aufnahme [4]); d) durch Anwendung Neuhaufsscher Ledersäcke (siehe Fig. 5) an Stelle der Kassetten, aus welchen die Platten von oben in die Kamera fallen, worauf sie durch

---

[1]) Paganinis Phototheodolit für Präzisionsmessung im Format 18×24 cm ist in dem Buche Fotogrammetria, Mailand, Höpli, 1901, S. 140 beschrieben; ebendort S. 189 ein Photogrammeter gleichen Formates.

[2]) Koppe, Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung. Braunschweig 1896.

[3]) Meydenbauer für Architekturphotogrammetrie.

[4]) v. Hübl, Mitteilungen des k. k. militärgeographischen Institutes in Wien, 19. Bd. 1899, S. 78. Wien 1900.

E. Deville, Photographic Surveying Ottawa, 1895, S. 140. Die dort beschriebenen Photogrammeter im Format 12×16 cm in Hoch- und Querstellung zu benutzen, gehört zweifellos zu dem Besten seiner Art und hat sich bei der kanadischen Landesaufnahme unter den schwierigsten Verhältnissen bewährt.

bewegliche Federn an den Markenrahmen angedrückt und nach Lösung der Federn unten in einen zweiten Sack entleert werden. Um Verletzungen der Ledersäcke durch die scharfkantigen Platten zu vermeiden, steckt man die Platten in die früher beschriebenen Rähmchen (siehe Fig. 4)[1]). Bei allen diesen Vorrichtungen besteht eine gewisse Schwierigkeit darin, das Laden der Kamera zu bewirken, ohne dafs man die Fernrohreinstellung oder doch wenigstens die Stellung des Theodolitunterbaues ändert. Wenn

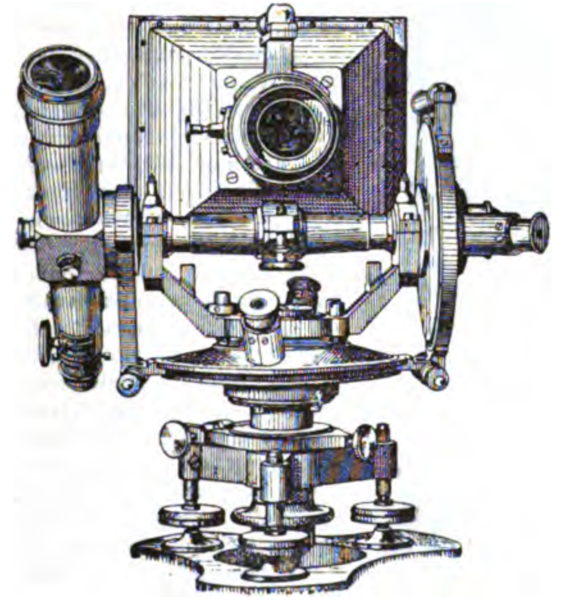


Fig. 5a.

der Theodolit mit einem eigenen Zielfernrohr versehen wird, das dann notwendig exzentrisch liegt, kann man sich während der Aufnahme von der richtigen Stellung der Kamera überzeugen[2]). Freilich wird bei gröfseren Formaten der Apparat

[1]) Finsterwalder, Photogrammetrischer Theodolit für Hochgebirgsaufnahmen. Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1895, S. 371.

[2]) Ein Universalinstrument, mit allen zur geographischen Ortsbestimmung nötigen Einrichtungen (auch Bussole) versehen, das durch Beigabe einer auf die horizontale Drehachse aufsetzbaren und mit dieser dann drehbaren Kamera im Formate 9 × 12 cm mit 11 cm Brennweite (Voigtländers Collinear) zu einem Phototheodolit ergänzt ist, liefert die Firma F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel (Preis 950 Mk., Gewicht ohne Stativ mit Verpackung 11 kg) (siehe Fig. 5a). Die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig baut eine Kombination von

hierdurch sehr unhandlich. Vielfach greift man noch zu dem Mittel, die Kamera fest mit dem Alhidadenteil des Theodolits zu verbinden, und verzichtet damit auf die Möglichkeit, sie zu neigen. Das Zielfernrohr wird dabei meist exzentrisch über oder neben der Kamera angebracht (siehe Fig. 5 a). Immerhin besteht auch noch in diesem Falle die Möglichkeit, das photographische Objektiv als Fernrohrobjektiv zu benützen und auf diese Weise die äufserste Verminderung des Apparatgewichtes zu erzielen. (Fig. 5.)[1]) Man macht das Objektiv innerhalb weiter Grenzen durch genaue Schlittenführung in lotrechter Richtung verschieblich und ordnet auf der Rückseite der Kamera ein um eine horizontale Achse drehbares Okular an, das zwangläufig so bewegt wird, dafs es immer nach dem Mittelpunkt des Objektives zielt. So erhält man für Höhen- und Tiefenwinkel innerhalb 20° noch ganz scharfe Bilder. Statt der Vertikalwinkel liest man am Objektivschieber deren trigonometrische Tangenten ab. Man kann auf diese Weise unschwer die Genauigkeit von 1′ erreichen. Die Prüfung und Berichtigung des Phototheodolits ist je nach der Einrichtung etwas verschieden; sie läfst sich aus den vorhin für den Photogrammeter angeführten und den für den Theodolit gebräuchlichen Methoden unschwer entnehmen. Falls ein eigenes Zielfernrohr vorhanden ist, oder wenn nicht das Fadenkreuz, das zur Okularbetrachtung bestimmt ist, beim Photographieren un-

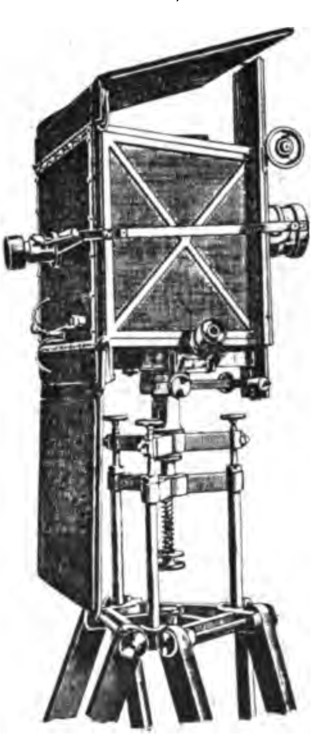


Fig. 5.

Universalinstrument für geographische Ortsbestimmung, Meſstisch und Photogrammeter: letzteren mit nicht neigbarer Kamera vom Plattenformat 13 × 13 cm und 15 cm Brennweite. Der Apparat hat Wechselkasten. Preis 900 Mk.

[1]) Vergl. den vorhergehenden Hinweis. Die Einrichtung mit den Ledersäcken hat sich — gutes Material vorausgesetzt — wohlbewährt. Es empfiehlt sich, die Säcke in Hüllen von schwarzem Baumwollstoff zu verwahren, um minimale Lichtundichtigkeiten, wie Nadelstiche, unschädlich zu machen. Mit dieser Vorsicht sind die Säcke schon ein Jahrzehnt lang im Gebrauch.

mittelbar zur Abbildung gelangt, ist zur wechselseitigen Beziehung von photogrammetrischen und trigonometrischen Messungen die Bestimmung des Zielpunktes bei gegebener Apparatstellung auf der photographischen Platte von Wichtigkeit, die durch Anzielung eines scharfen, fern gelegenen Gegenstandes und photographische Aufnahme bei unveränderter Apparatstellung geschieht. Die vollständigen Phototheodolite [1]), welche Drehung und Neigung der Kamera gestatten, eignen sich dort, wo ein hoher Grad von Genauigkeit erstrebt wird, wie bei astronomischer Ortsbestimmung und besonderen technischen Aufgaben. Aus wiederholten Aufnahmen desselben Objektes bei durchgeschlagener und umgelegter Kamera können auch alle Instrumentenfehler unter Voraussetzung stabiler lotrechter Drehachse und genauer Kenntnis der Bildweite bestimmt oder durch Mittelbildung aus den einzelnen Messungsresultaten entfernt werden. Für topographische Zwecke sind die zuletzt beschriebenen Zwitterinstrumente, die sich mit der festen Kamera mehr den Photogrammetern nähern, weit vorzuziehen. Wenn sie auch für feinere Triangulierungen nicht ausreichen, so erfüllen sie die Aufgabe, die Stationspunkte an ein trigonometrisches Netz anzuschliefsen, in ausreichendem Mafse.

Für besondere Aufgaben der Photogrammetrie sind allerlei Instrumente gebaut worden, von welchen einige Erwähnung finden mögen. Bei Aufnahmen vom Luftballon aus kann man sich einer Kamera mit nur innerer Orientierung bedienen und aus zwei Aufnahmen desselben Geländeabschnittes diesen samt der Lage der Ballonorte hierzu indirekt bis auf den Mafsstab und die äufsere Orientierung bestimmen [2]). Oder man befestigt eine solche Kamera unter passendem Winkel an einem mit einer Dosenlibelle versehenen Gewehrkolben, den man in Anschlagstellung hält, wobei man im Augenblick der Einstellung der Dosenlibelle am Gewehrabzug den Momentverschlufs auslöst. Auf diese Weise werden Aufnahmen, die gegen die Lotlinie orientiert sind, zustande gebracht [3]). Ein ähnliches Ver-

---

[1]) Zu diesen gehören von deutschen Erzeugnissen aufser dem erwähnten Reisetheodolit von Breithaupt & Sohn in Kassel (siehe Fig. 5 a) in erster Linie der Phototheodolit von C. Koppe für das Format 10 × 10 cm mit 150 mm Brennweite und Einrichtung zur Ausmessung der Bilder durch das Objektiv (siehe S. 183), welcher von Günther in Braunschweig um den Preis von 1100 Mk. geliefert wird.

[2]) Genaueres bei: S. Finsterwalder, Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen. Abhandlungen der k. b. Akad. d. Wiss. 2. Kl. 22. Bd. 2. Abt.; auch separat zu beziehen.

[3]) K. v. Bassus, siehe Eders Jahrbuch für Photogr. 1899, S. 164.

fahren wird sich auch bei Aufnahmen vom Boot aus empfehlen. Für unbemannte Fesselballons und Drachen hat man kombinierte Kameras ersonnen, welche den Zweck haben, das ganze von dem Beobachtungspunkt aus verfügbare Gesichtsfeld auf einmal photographisch festzulegen[1]). Mit einer weitwinkligen Kamera, deren Achse senkrecht nach unten weist, sind 5—7 symmetrisch um diese Achse angeordnete Kameras, deren Achsen Winkel von 45—30° gegen die Lotrichtung bilden, fest verbunden. Ihre Momentverschlüsse werden auf elektrischem Wege gleichzeitig geöffnet; die äufsere Orientierung soll durch gondelartige Aufhängung des Ganzen oder durch mitphotographierte Libellen gewährleistet werden. Zum Zwecke hydrographischer Aufnahmen vom Schiffe aus hat Paganini[2]) einen Apparat in cardanischer Aufhängung gebaut, der eine Einrichtung trägt, mittels welcher unter Zuhilfenahme eines total reflektierenden Prismas ein Teil der Kompafsrose im Moment der Aufnahme auf die photographische Platte abgebildet wird. Ebenfalls für Küstenaufnahmen hat Th. Scheimpflug[3]) drei unter Winkeln von 60° gegeneinander geneigte Kameras mit horizontaler Achse gekoppelt, deren Gesichtsfeld den halben Horizont umfafst. Auch hierbei werden Bussole- und Libellenstellung im Augenblick der Aufnahme photographisch festgelegt. Das gleiche Prinzip wurde in einem für Geländeaufnahmen gebauten Apparat von Bridges Lee[4]) verwendet, bei welchem auch noch handschriftliche Notizen über Zeit und Ort der Aufnahme photographisch anf das Negativ abgebildet werden.

3. Entnahme von Winkeln aus orientierten Photographien. Bei lotrechter Bildebene, bekanntem Horizont HH, bekannter Hauptvertikale VV und Bildweite D ist die Konstruktion der Horizontal- und Vertikalwinkel überaus einfach (siehe Fig. 6). Wir setzen zuerst voraus, dafs die lichtempfindliche Platte am Markenrahmen genau angelegen sei und die Mafse dem Negativ selbst oder einer unveränderten Kopie desselben (Diapositiv oder unfixiertes Papierpositiv) entnommen seien. Man errichtet auf einer Geraden (Bildlinie) im Punkt (A) (Hauptpunkt) die Senkrechte (optische Achse) $(A)O$ und trägt auf dieser die Bildweite D auf. Ist x die Abszisse

[1]) R. Thiele, siehe: Eder, Jahrbuch für Photographie. 17. Bd. 1903, S. 131. Th. Scheimpflug, ebenda. 18. Bd. S. 193, und Photographische Korrespondenz, 1903.

[2]) Fotogrammetria, Mailand, Höpli 1901, S. 236.

[3]) Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1898.

[4]) Der bei L. Casella in London (197, Holborn Bars) gebaute Apparat ist beschrieben in Engineering, 1897 (2), S. 314. Format 9×11 cm. Preis 900 Mk. Gewicht 14 kg.

des Bildpunktes P', auf ein aus Hauptvertikale und Horizont bestehendes rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen, so trägt man diese Strecke im richtigen Sinn von (A) aus auf der Bildlinie auf; dann gibt der Endpunkt (P') derselben, mit dem Zentrum O verbunden, den Grundrifs des Visierstrahles nach P, und der Winkel $(P')\,O\,(A)$ ist der Horizontalwinkel α des Visierstrahles mit der Lotebene durch die optische Achse. Um den Vertikalwinkel β des Visierstrahles zu erhalten, zeichnet man ein rechtwinkliges Dreieck, das die Ordinate y des Bild-

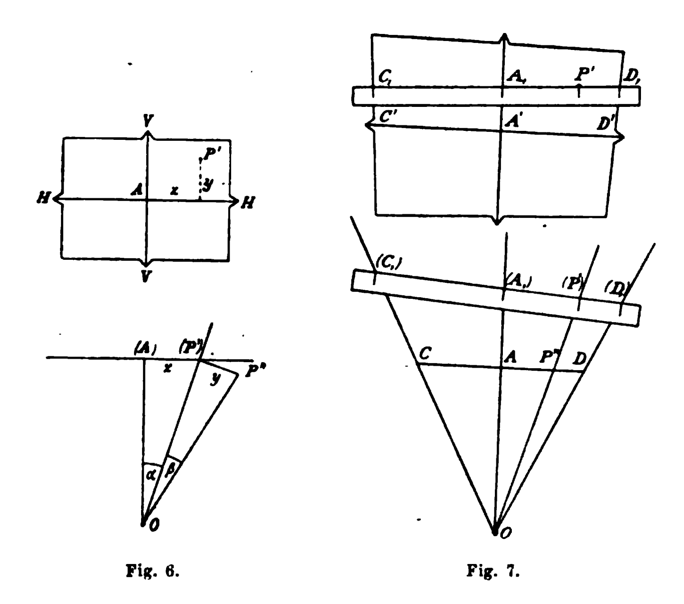


Fig. 6. Fig. 7.

punktes P' als vertikale, und die Strecke $O(P')$ als horizontale Kathete hat; der Winkel β liegt dann y gegenüber. Es ist $tg\,\beta = y : O\,(P')$.

Verfügt man zu den Abmessungen nicht über das Negativ selbst, sondern benützt man ein Papierkopie, die infolge der Bäder eingeschrumpft ist, oder eine Vergröfserung, welche eine unbekannte perspektivische Verzerrung erfahren hat, oder ist die Platte im Moment der Aufnahme nicht genau parallel zur Rahmenebene gelegen, so verfährt man folgendermafsen (Fig. 7): Man zieht auf dem Bilde die Verbindungslinien der Rahmenmarken, die nun nicht mehr genau in der Mitte der Bilder der Rahmenseiten sind. Alsdann wird die wahre Rahmenbreite $C\,D$

auf einer Geraden aufgetragen, in ihrem Mittelpunkt A (Hauptpunkt) eine Senkrechte AO gleich der auf die Rahmenebene bezogene Bildweite errichtet und die Begrenzung des horizontalen Gesichtsfeldes COD gezogen. Um den einem Punkt P' des Bildes entsprechenden Strahl zu finden, legt man durch P' einen geradlinig beschnittenen Papierstreifen in der Querrichtung des Bildes, aber sonst beliebig, und markiert auf ihm die Schnittpunkte $C_1 D_1$ mit den lotrechten Rahmenseiten A_1, mit der Hauptvertikalen und dem Punkt P'. Nun überträgt man den Papier-

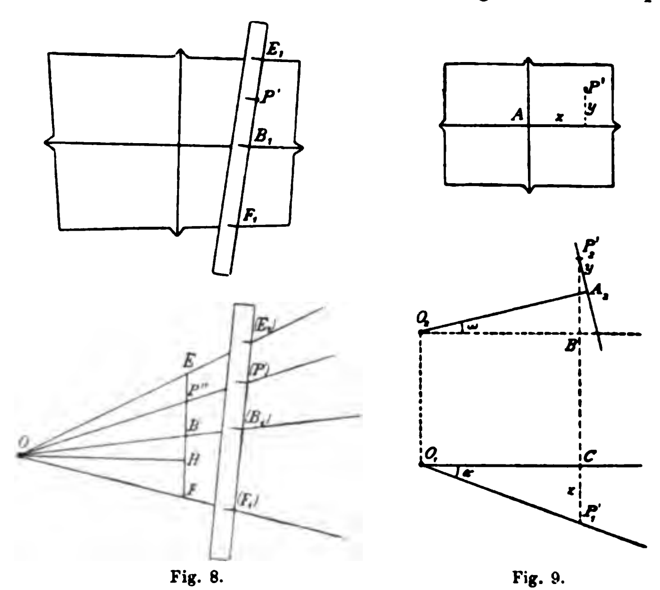


Fig. 8. Fig. 9.

streifen in die Zeichenebene und legt ihn so, dafs C_1 auf den Strahl OC, D_1 auf den Strahl OD, A_1 auf den Strahl OA fällt, dann ist der Strahl $O(P')$ der gesuchte Visierstrahl in der Horizontalprojektion. P'' bezeichne seinen Schnittpunkt mit der Linie D. Er entspricht dem Bildpunkt in der Rahmenebene. Wenn das Rahmenbild zufällig so verzerrt ist, dafs die vertikalen Rahmenseiten parallel und dann notwendig senkrecht zum Horizont werden, genügt es, die Reihe der drei Punkte $C' A' D'$ des Horizontes in die Strahlen OC, OA, OD einzutragen und ihre Verbindungslinie als neue (zu OA allerdings schief gelegene) Bildlinie zu betrachten, auf der die Abszissen x genau so einzutragen sind wie im Falle des unverzerrten Rahmenbildes.

Zur Auffindung der Höhenwinkel bei verzerrtem Rahmenbilde bedient man sich einer ähnlichen Konstruktion (Fig. 8). Man trägt auf einer senkrechten Linie die wahre Höhendimension EF des Rahmens und deren Mitte B auf. In einem Punkte H, der von B so weit entfernt ist, als der Unterschied der Objektivschieberablesung bei der Aufnahme und der Normalstellung beträgt, wird eine wagrechte Linie gezogen und auf ihr die für die Rahmenebene geltende Bildweite HO abgetragen. Man zieht nun die Strahlen OE, OF und OA, von welchen die beiden ersten das vertikale Gesichtsfeld begrenzen. Um nun den Punkt P''' zu finden, welcher einem gegebenen Punkt P' des Bildes in der Rahmenebene entspricht, legt man durch P' einen Papierstreifen, annähernd parallel zu den lotrechten Seiten des Rahmenbildes, und markiert auf ihm aufser den Punkt P' noch die Schnittpunkte E_1, B_1 und F_1 mit den wagerechten Rahmenseiten und der Mittellinie. Dieser Papierstreifen wird in der Bildebene so eingepafst, dafs E_1 auf OE, B_1 auf OB und F_1 auf OF zu liegen kommt; wird nun (P') mit O verbunden, so schneidet die Verbindungslinie die Bildlinie EF im Punkte P'''. HP''' ist die Ordinate des dem Punkte P' der Bildebene entsprechenden Punktes der Rahmenebene, und der Höhenwinkel wird aus der Gleichung $tg\,\beta = HP''' : OP''$ gefunden, wobei OP'' dem Grundrifs (Fig. 7) zu entnehmen ist.

Die Entnahme der Winkel bei geneigter Bildebene geschieht am einfachsten in vorstehender Grundrifs- und Aufrifskonstruktion (siehe Fig. 9) des Bündels der Visierstrahlen, wobei als Aufrifsebene die Lotebene durch die optische Achse dient. Man trägt an einer wagrechten Linie O_2B den Winkel ω der optischen Achse gegen die Horizontale an und auf dem geneigten Schenkel die Bildweite O_2A_2 auf. In A_2, dem Aufrifs des Hauptpunktes, errichtet man ein Lot zu O_2A_2, welches den Aufrifs der Bildebene darstellt. Auf ihm trägt man die Ordinate y des Bildpunktes von A_2 aus ab und erhält so in P_2' den Aufrifs des Bildpunktes. Auf eine zweite Wagerechte lotet man die Punkte O_2 und P_2 des Aufrisses herab und erhält in O_1C den Grundrifs der optischen Achse. Von C aus wird auf CP_1' die Abszisse x des Bildpunktes abgetragen und so der Punkt P_1', der Grundrifs des Bildpunktes, erhalten. $P_1'O_1C$ ist dann der gesuchte Horizontalwinkel α des Visierstrahles nach dem Bildpunkt mit der Lotebene durch die optische Achse. Der Höhenwinkel β ergibt sich aus der Gleichung: $tg\,\beta = P_2'B : O_1P_1'$. Die einfachen Abänderungen der Konstruktion bei verzerrten Bildern mögen hier übergangen werden.

Das Aneinanderschliefsen von Bildern, die vom gleichen Standpunkt aus aufgenommen wurden.

Sind die Bilder zweier Objekte, deren Horizontalwinkel bestimmt werden soll, auf verschiedenen, vom gleichen Standpunkt aufgenommenen Photographien, so braucht man den Winkel der optischen Achsen beider Aufnahmen. Derselbe läfst sich immer ermitteln, sobald beide Aufnahmen übereinandergreifen. Die Ermittlung ist bei wagrechten Achsen überaus einfach und sollte, da sie eine wirksame Kontrolle der Konstanten der inneren und äufseren Orientierung in sich schliefst, niemals versäumt werden. Man wählt eine gröfsere Anzahl von zusammengehörigen Punkten P_1', P_2' (siehe Fig. 10) auf beiden Bildern, welche von den zunächst gelegenen senkrechten Rändern annähernd gleich weit entfernt sind, mifst die Abstände ξ', ξ'' von diesen Rändern und zieht aus je zwei zu demselben

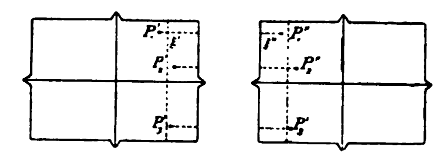


Fig. 10.

Objektpunkt gehörigen das Mittel. Diese Mittel müssen innerhalb der unvermeidlichen Messungsfehler gleich ausfallen, und ihre Gröfse $m = \frac{\xi' + \xi''}{2}$ kann aus einer gröfseren Zahl von Paaren solcher Punkte sehr genau bestimmt werden. Ist λ der Winkel der beiden Achsen, D die als gleich vorausgesetzte Bildweite beider Aufnahmen und b die halbe Rahmenbreite, so wird: $tg\,\frac{\lambda}{2} = \frac{b - m}{D}$. Bei gleichem Abstand von den Rändern müssen die Ordinaten entsprechender Punkte gleich sein, was eine Probe für die Richtigkeit des Horizontes gibt. Umfassen die Aufnahmen eines Punktes den Horizont, so mufs die Summe der Winkel λ je zweier aufeinanderfolgender Aufnahmen 360° sein, woraus eine scharfe Prüfung der Bildweite D folgt.

Eine ganz eigenartige Methode, die Winkel nach den photographierten Punkten unmittelbar auszumessen, hat Koppe[1]) aus-

[1]) Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung. Braunschweig 1896.

gebildet. Bringt man den Apparat genau in dieselbe Orientierung gegen die Lotrichtung, die er bei der Aufnahme gehabt hat, und ersetzt man die photographische Platte durch das entwickelte Negativ der Aufnahme, das man von rückwärts passend beleuchtet, so treten durch die Linse die Strahlen unter genau denselben Winkeln aus, wie sie bei der Bilderzeugung eingetreten sind. Die Horizontal- und Vertikalwinkel der austretenden Strahlen können nun direkt mittels eines Theodolits, dessen Vertikal- und Horizontalachse durch das Zentrum der austretenden Strahlen geht, gemessen werden. Da das Zentrum zumeist im Innern der Linse liegt, mufs dieses in den Schnittpunkt der Theodolitachsen gebracht werden, was zur Voraussetzung hat, dafs die Horizontalachse des Theodolits gekröpft ist und das Fernrohr desselben in Richtung seiner Achse so weit verschoben ist, dafs der Achsenschnittpunkt frei bleibt. Die Ausmessung der Winkel durch das Objektiv hindurch kann auch auf Grund des Achsensystems des Phototheodolits vollzogen werden, falls die Kamera entweder von vornherein so liegt, dafs ihre Linse in den Achsenschnittpunkt fällt oder vor der Messung unter Beibehaltung der Orientierung gegen die Lotlinie in diese Lage verschoben wird. Im ersteren Fall hat man ein aufserhalb des Theodolits befestigtes Hilfsfernrohr nötig, das auf den auszumessenden Bildpunkt zielt; im zweiten mufs die Kamera in ihrer vertikalen Lage aufserhalb des Theodolits befestigt werden. Die Methode ist grofser Genauigkeit fähig und unabhängig sowohl von der Orthoskopie der Linse wie auch der Unebenheit der lichtempfindlichen Platte, falls das Originalnegativ und nicht etwa eine Kopie davon zur Ausmessung gelangt.

4. Photogrammetrische Rekonstruktionen aus orientierten Aufnahmen bei gegebener Lage der Standpunkte.

Zur Rekonstruktion eines Gegenstandes sind mindestens zwei Aufnahmen erforderlich, und aus ihnen lassen sich auch nur jene Teile desselben rekonstruieren, die auf beiden Aufnahmen zugleich sichtbar sind. Es seien die beiden Standpunkte O_1 und O_2 gegeben und im Grundrifs im richtigen Mafsstab eingetragen. Ebenso seien die Richtungen der optischen Achsen beider Aufnahmen bekannt und in den Grundrifs eingetragen. Wir wollen zunächst der Einfachheit halber annehmen, dafs die Achsen wagrecht, die Bildebene demnach lotrecht seien. Hauptvertikale und Horizont seien gegeben (siehe Fig. 11). Dann trägt man auf den Achsenrichtungen von O_1 und O_2 die Bildweiten auf und errichtet in ihren Endpunkten A_1 und A_2 die senkrechten Bildlinien. Nun sucht man auf den beiden Aufnahmen identische Punkte,

d. h. Bilder P', P'' ein und desselben Objektpunktes auf und mifst deren Abszissen x_1, x_2 aus. Diese werden auf den Bildlinien von den Hauptpunkten A_1 und A_2 im richtigen Sinn abgetragen und die Grundrisse der Visierstrahlen $O_1(P')$ und $O_2(P'')$ gezogen. Der Schnitt entsprechender Strahlen gibt den Grundrifs P des Objektpunktes. Um die Höhe zu finden, mifst

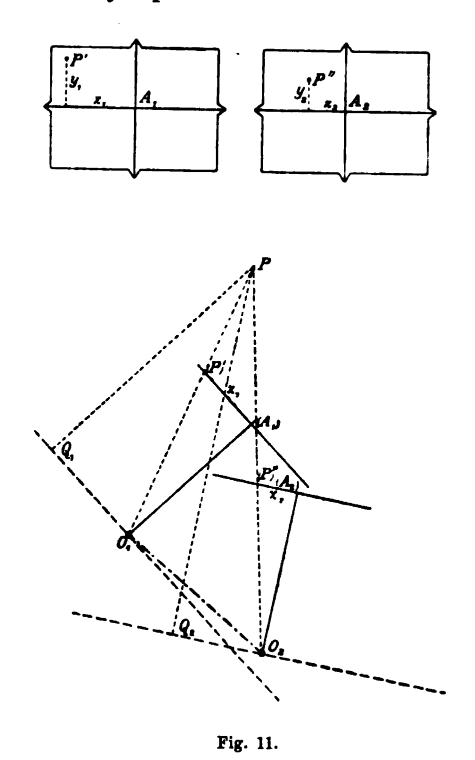


Fig. 11.

man die Ordinaten y der Bildpunkte, entnimmt dem Grundrifs die Entfernung ($E = O_1 P$) vom Standpunkt und die „schiefe Bildweite“ $D' = O_1(P')$. Dann rechnet sich der Höhenunterschied h gegenüber dem Standpunkt nach der Formel: $h = \frac{yE}{D'}$, die am bequemsten mit dem Rechenschieber ausgewertet wird. Die Höhe des Objektpunktes wird so von jedem der beiden Standpunkte aus bestimmt, und die Übereinstimmung beider Ergebnisse gibt eine Probe für die Richtigkeit, deren Stich-

haltigkeit aber sehr von den Umständen abhängt. Ihr Zutreffen bedeutet wenig, wenn z. B. Standpunkte und Objektpunkte geringen Höhenunterschied haben und der Grundriſs durch spitzen Schnitt bestimmt ist. Einfacher wird die Höhenrechnung, falls man statt der Entfernung E des Objektpunktes vom Standpunkte eine Gröſse E' einführt, welche die Entfernung PQ_1 des Objektpunktes von einer durch den Standpunkt gezogenen Parallelen zur Bildlinie darstellt und mittels eines rechten Winkels mit eingeteilten Schenkeln leicht bestimmt werden kann. Die Formel für den Höhenunterschied lautet dann: $h = \frac{yE'}{D}$, wo $D = O_1 A_1$ die wirkliche Bildweite ist. Die Quotienten $y : D$ können für einen bestimmten Apparat leicht in Tafeln gebracht werden, wodurch die Höhenrechnung auf eine einfache Multiplikation zurückgeführt wird. Hat man zur Rekonstruktion des Objektes mehr als zwei Aufnahmen, z. B. n, zur Verfügung, so gibt schon die Forderung, daſs die Visierstrahlen im Grundriſs sich schneiden müssen, $n - 2$ Kontrollen, und die Vergleichung der Höhenbestimmungen liefert $n - 1$ weitere Kontrollen dazu, wodurch ihre Zahl auf $2n - 3$ steigt. Hierbei wird die Verläſslichkeit der Punktbestimmung ganz wesentlich gefördert und auſserdem die Richtigkeit der Orientierungen wirksam geprüft.

Liegen Aufnahmen mit geneigter Bildebene und bekannter Orientierung vor, so wird die Rekonstruktion im wesentlichen dieselbe; es muſs nur, wie bei der Bestimmung der Horizontal- und Vertikalwinkel gezeigt wurde, für jede Aufnahme eine eigene Aufriſskonstruktion auf die Lotebene nnd durch die zugehörige optische Achse durchgeführt werden, welcher dann auch das eine Element der Höhenrechnung entnommen wird. Hier rechnet man meist nach der Formel: $h = \frac{y'E}{D''}$, wo $y' = P_2'B$; $D'' = O_1 P_1'$ ist. (Siehe Fig. 9.)

Bei Benützung von Phototheodoliten wird die Richtung der optischen Achse jeder Aufnahme meist direkt bestimmt; bei Verwendung von Photogrammetern vielfach indirekt, nämlich dadurch, daſs ein schon bekannter Punkt des Objektes auf der Photographie abgebildet wird. Man entnimmt dann den Winkel, den der Visierstrahl nach dem bekannten Punkt mit der Achse der Aufnahme bildet, der Photographie und trägt ihn vom Standpunkt an die auf der Karte festgelegte Richtung an, was bei wagrechter optischer Achse am einfachsten mittels eines rechten Winkels von umstehender Form geschieht (siehe Fig. 12).

Das Aufsuchen zusammengehöriger Punkte auf verschiedenen Bildern ist eine Fertigkeit, die sich nur durch Übung erlernen läfst, und niemand von denen, die an dieselbe herantreten, ahnt, welcher Ausbildung diese Fertigkeit fähig ist. Bei besonderen Lagen der optischen Achsen lassen sich einfache Kunstgriffe angeben, welche die Aufsuchung zusammengehöriger Punkte erleichtern. Sind beispielsweise zwei Aufnahmen mit paralleler Richtung der optischen Achse und gleicher Bildweite gemacht worden, und legt man die Bilder so aufeinander, dafs die Hauptpunkte und Hauptvertikalen sich decken, so gehen die Verbindungslinien zusammengehöriger Bildpunkte durch einen gemeinsamen Punkt, der als Bild des einen Aufnahmestandpunktes vom andern aufgefafst werden kann. Ist dieser Punkt durch Ziehen der Verbindungslinien zweifellos zusammengehöriger Punkte oder auch unmittelbar aus den Elementen der äufseren Orientierung gefunden, so kann man zu jedem neuen Bildpunkt der Aufnahme eine Gerade konstruieren, auf welcher der zugehörige Bildpunkt der andern Aufnahme liegen mufs [1]). Sind beide Aufnahmen so orientiert (siehe Fig. 13), dafs die optischen Achsen senkrecht auf der Verbindungslinie der beiden Standpunkte stehen und aufserdem parallel sind, so fällt der Punkt, in welchen sich die Verbindungslinien zusammengehöriger Punkte schneiden, ins Unendliche, und jene Verbindungslinien werden parallel. Der Unterschied p der Abszissen zusammengehöriger Bildpunkte ist der senkrechten Entfernung y des dargestellten Objektpunktes von der Verbindungslinie beider Standpunkte (Standlinie $= b$) umgekehrt proportional. $y = \frac{D\,b}{p}$.

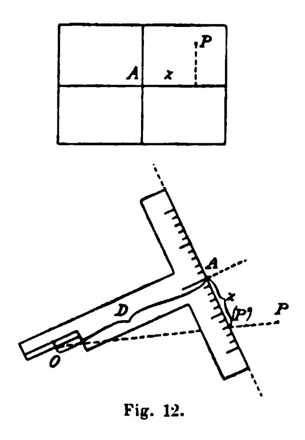


Fig. 12.

Die beiden Stellungen des Aufnahmeapparates bilden zusammen gewissermafsen einen riesigen stereoskopischen Apparat mit einem

[1]) Dieser Umstand ist von Wichtigkeit, wenn man am Objekte wohl zusammengehörige Linien, wie z. B. Wasserläufe, aber keine darauf befindlichen zusammengehörige Punkte erkennen kann. Man nimmt dann auf der einen Linie einen Punkt beliebig an und sucht die zu diesem Punkt gehörige Gerade, auf welcher der zugehörige Punkt der andern Aufnahme liegen mufs.

Linsenabstand gleich der Standlinie. Werden die beiden Bilder in einen stereoskopischen Apparat gebracht, so sieht man das Objekt plastisch. Die Ausmessung der Bilder läfst sich sehr bequem und genau mit Hilfe des Zeifsschen Stereokomparators[1]) bewirken, und die Plankonstruktion gestaltet sich überaus einfach. Das Aufsuchen zusammengehöriger Punkte fällt weg und wird durch die Einstellung einer wandernden Marke auf beliebige Stellen des plastischen Stereoskopbildes ersetzt.

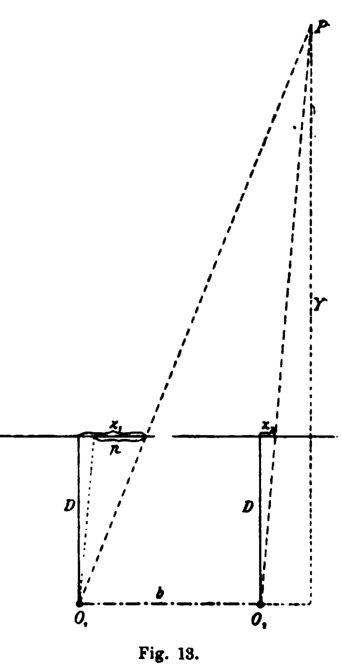


Fig. 13.

5. Photogrammetrische Rekonstruktionen bei unbekannter Lage der Standpunkte. Flüchtige Photogrammetrie. Bisher setzten wir voraus, dafs die Lage der Aufnahmepunkte schon bekannt sei. Die Photogrammetrie gibt mannigfache Mittel zur Bestimmung derselben an die Hand. a) Ist beispielsweise nur die Horizontalentfernung zweier Standpunkte bekannt, so läfst sich der Höhenunterschied derselben finden, sobald man von ihnen aus einige Objektpunkte konstruiert und deren Höhenunterschiede gegen die Standpunkte berechnet. b) Sind auf den Bildern eines Standpunktes zwei ihrer Lage nach bekannte Objektpunkte F_1 F_2, welche grofsen Höhenunterschied gegenüber dem Standpunkt haben, so genügt das bereits, um die Lage und Höhe der letzteren zu finden. Man entnimmt den Bildern den Horizontalwinkel α und die beiden Höhenwinkel $\beta_{\prime}$ und $\beta_{\prime\prime}$ nach den bekannten Objektpunkten. Für den Grundrifs des Standpunktes liefert ersterer als geometrischen Ort einen Kreis durch die beiden Objektivpunkte F_1 F_2, der den Peripheriewinkel α zwischen

---

[1]) Pulfrich, Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1902. S. 229. 1903. S. 44 u. S. 317. 1904. Heft 2, und v. Hübl, Die Stereophotogrammetrische Terrainaufnahme. Mitteilungen des militärgeograph. Institutes. 23. u. 24. Band. Die Hauptschwierigkeit der Stereophotogrammetrie liegt in der Herstellung der genauen äufseren Orientierung.

ihnen fafst. Auf diesem Kreise sucht man (am einfachsten durch planmäfsiges Probieren) den Standpunkt O derart, dafs die von den Objektpunkten rückwärts gerechneten Höhen stimmen. c) Findet man drei oder mehr bekannte Objektpunkte F_1, F_2, F_3 auf den Bildern eines Standpunktes O, so läfst sich dieser durch Rückwärtseinschneiden nach dem sogen. Pothenotschen Problem finden, wobei man ja nicht vergessen darf, die durch die geringere Genauigkeit der photogrammetrisch ermittelten Winkel erweiterte Fehlergrenze in Betracht zu ziehen. Im Innern des bekannten Dreiecks F_1, F_2, F_3 wird die Bestimmung des Standpunktes auf diesem Wege immer noch recht genau ausfallen [1]). d) Die Möglichkeit, einen Standpunkt durch photogrammetrisches Vorwärts- oder Seitwärtseinschneiden festzulegen, wird sich verhältnismäfsig selten bieten; um so häufiger die Anwendung des Hansenschen Problems der zwei unzugänglichen Punkte F_1, F_2, und zwar in der Form, dafs man von zwei Standpunkten O_1, O_2 aus, die gegenseitig sichtbar sind, je eine photogrammetrische Aufnahme macht, von dem Objekt unter willkürlicher Annahme der Länge der Standlinie einen Teil mit den Punkten F_1 und F_2 konstruiert und den Mafsstab der Konstruktion dadurch hinterher bestimmt, dafs man die Abmessung $F_1 F_2$ des rekonstruierten Objektes mit jener am Objekt selbst vergleicht.

Aufnahme stehender Gewässer. Häufig hat man Gelegenheit, von einem höher gelegenen Punkt die Umrisse eines stehenden Gewässers oder eines andern, in einer Horizontalebene gelegenen Objektes zu photographieren. Aus dem Bilde läfst sich jederzeit die wahre Form des Umrisses und die Lage des Standpunktes zur Küstenlinie festlegen. Ist die Höhe des Standes über dem Wasser bekannt, so kann man auch den Mafsstab finden. Es sei in nachstehender Fig. 14: HH der Horizont der Aufnahme mit lotrechter Bildebene. Man trage nun auf der Hauptvertikalen VV von Hauptpunkt A nach unten den Höhenunterschied in dem Mafsstab der zu zeichnenden Karte ab und ziehe eine Parallele FG zum Horizont, die man, ausgehend vom Schnittpunkt mit der Hauptvertikalen, in gleiche Teile von passender Gröfse (z. B. 100 m im betreffenden Mafsstab) teilt. Diese Teilung wird nun von einem Punkt D des Horizontes, der vom Hauptpunkt A die Entfernung AD gleich der Bildweite hat, auf die Hauptvertikale projiziert, und es

---

[1]) Nicht genug kann dagegen davor gewarnt werden, auf drei schlecht bestimmte Festpunkte eine pothenotische Bestimmung gründen zu wollen.

werden durch die Projektionspunkte Parallele zum Horizont gezogen. Diese bilden mit den Strahlen, die von A nach den Teilpunkten der Linie FG gehen, ein perspektivisches Netz, das die Perspektive eines in der Wasseroberfläche gelegenen Quadratnetzes von 100 m Seitenlänge darstellt. Letzteres erhält man, indem man auf einer Linie $F'G'$ die Einteilung von FG wiederholt, im Nullpunkte eine Senkrechte $(A)\,O$ von

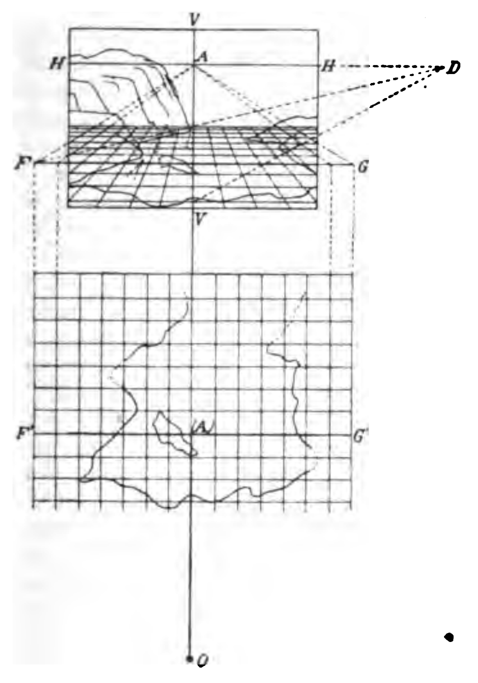


Fig. 14.

der Länge gleich der Bildweite errichtet, wobei O dann den Grundrifs des Standpunktes darstellt. Die Teilung wird vom Nullpunkt aus auch auf der Senkrechten aufgetragen, und durch die Teilpunkte werden Parallele zu $F'G'$ gezogen. Diese bilden zusammen mit der Senkrechten durch die Teilpunkte von F' das gesuchte Quadratnetz, in welches die Küstenumrisse aus dem Bildnetz zu übertragen sind.

Flüchtige Aufnahmen. Mittels der Photogrammetrie lassen sich noch Aufgaben bewältigen, die mit den gewöhn-

lichen Hilfsmitteln der Meſskunst kaum durchführbar sind und die unter die Bezeichnung „flüchtige Aufnahmen“ zusammengefaſst werden mögen. Flüchtig soll dabei ausdrücken, daſs die Standpunkte nicht durch gegenseitige Messungen verbunden zu sein brauchen. Es wird dabei nur vorausgesetzt, daſs die Aufnahmen mit innerer und äuſserer Orientierung (letztere wenigstens in bezug auf die Lotlinie) gemacht werden. Sind an den dargestellten Gegenständen genügend groſse Höhenunterschiede vorhanden, so ist zur Rekonstruktion des Gegenstandes und der Standpunkte aus einer Serie von Aufnahmen aus nötig: 1. daſs alle Punkte des Gegenstandes von zwei Standpunkten aus sichtbar sind, 2. daſs alle Standpunkte sich derart in Paare ordnen lassen, daſs jeder in zwei Paaren vorkommt und in jedem Paar Aufnahmen zusammengehörige Bildpunkte zu finden sind. Läſst man die Voraussetzung genügend groſser Höhenunterschiede fallen, wie z. B. bei Küstenaufnahmen, so tritt an Stelle der zweiten Forderung die, daſs alle Standpunkte sich derart in Gruppen zu je dreien ordnen lassen, daſs jeder in zwei Gruppen vorkommt und daſs sich in jeder Gruppe von drei Aufnahmen zusammengehörige Bildpunkte finden lassen. Die zuletzt genannten Rekonstruktionen, bei welchen man es im Grunde genommen nur mit Horizontalwinkeln zu tun hat, lassen sich unter Voraussetzung äuſserer Orientierung der Aufnahmen mittels der Magnetnadel auf die von L a m b e r t zuerst behandelte Aufgabe zurückführen, die in den nautischen Kompendien unter der Bezeichnung des P r o b l e m s d e r s e c h s P u n k t e vorkommt. Photogrammmetrisch kann man dieselbe folgendermaſsen fassen: Von drei nicht weiter bekannten Standpunkten O_1, O_2, O_3 sind Aufnahmen desselben Geländeabschnittes gemacht und gegen den magnetischen Meridian orientiert; man soll den Grundriſs des Geländes und der Standpunkte bis auf den Maſsstab bestimmen (siehe Fig. 15). Zu diesem Behufe wählt man auf den drei Aufnahmen die Bilder einer gröſseren Zahl (mindestens drei) von Objektpunkten P_1, P_2, P_3 und zeichnet sich die zugehörigen Visierstrahlen von einem gemeinsamen Zentrum O aus in der richtigen Orientierung auf. Es mögen die Strahlen vom ersten Standpunkt aus mit $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \ldots$, vom zweiten aus mit $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2 \ldots$, vom dritten aus mit $\alpha_3, \beta_3, \gamma_3 \ldots$ bezeichnet werden. Zunächst wählt man die Standpunkte O_1 und O_3 beliebig, was nur einer Annahme über den Maſsstab der Konstruktion gleichbedeutend ist. Der Winkel, unter welchem vom ersten Objektivpunkt P_1 aus die Standlinie $O_1 O_3$ erscheint, ist aus der Figur bekannt und gleich dem der Strahlen $\alpha_1 \alpha_3$.

Damit ist dieser Objektpunkt P_1 auf einen Kreis mit dem Peripheriewinkel $\alpha_1\ \alpha_3$ über $O_1\ O_3$ gebannt. Nimmt man für die verschiedenen möglichen Lagen dieses Punktes P_1 zu den

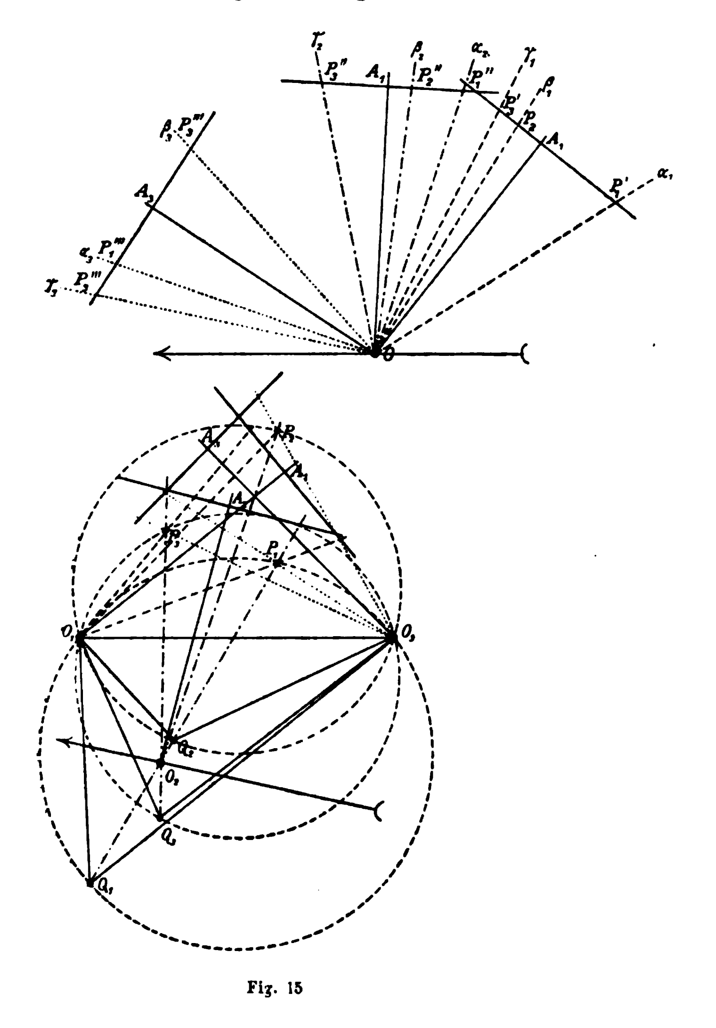
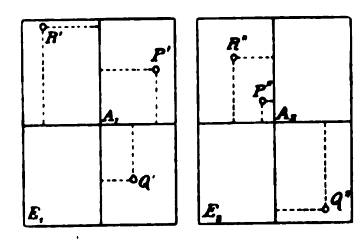


Fig. 15

Strahlen $P_1\ O_1$ und $P_1\ O_3$ auch noch jenen hinzu, der mit $P_1\ O_1$ den Winkel $\alpha_1\ \alpha_2$ und mit $P_1\ O_3$ den Winkel $\alpha_3\ \alpha_2$ einschliefst, so geht dieser Strahl in der richtigen Lage des

Punktes P_1 durch den unbekannten Standpunkt O_2, in allen möglichen Lagen aber durch einen festen Punkt des genannten Kreises, den sogenanten Collinsschen Hilfspunkt Q_1, der aus dem Dreieck O_1, Q_1, O_2, das bei O_2 den Winkel $a_2\, a_1$, bei O_1 den Winkel $a_2\, a_3$ hat, konstruiert werden kann. Jedem Objektpunkt P_1, P_2, P_3 . . . entspricht so ein Collinsscher Hilfspunkt Q_1, Q_2, Q_3, mit dem verbunden er eine durch O_2 gehende Gerade liefert. Diese Geraden bilden die bekannten Winkel $a_1\, \beta_1\, \gamma_1$ . . . miteinander; daher kann O_2 durch Rückwärtseinschneiden nach den Collinsschen Hilfspunkten Q_1, Q_2, Q_3 . . . gefunden werden. Mit O_2 ergibt sich auch die Lage der Nordlinie durch O_2, worauf die Konstruktion der Strahlen $O_1\, P_1$, $O_2\, P_2$, $O_1\, P_3$ . . . $O_2\, P_1$, $O_2\, P_2$, $O_2\, P_3$ . . . . keinen Schwierigkeiten mehr begegnet.



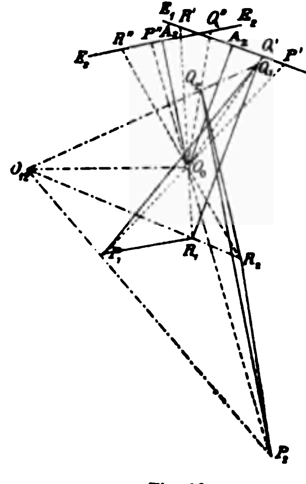


Fig. 16.

Während man bei Aufserachtlassung der Höhenwinkel mindestens Aufnahmen von drei Standpunkten nötig hat, um eine Rekonstruktion durchzuführen, genügen unter Berücksichtigung derselben bereits zwei solche. Nehmen wir zunächst an, dafs auch die Orientierung gegen den Meridian gegeben sei. Zur Rekonstruktion fehlen dann nur noch die Winkel der Verbindungslinie der beiden Standpunkte O_1, O_2 (Standlinie) (siehe Fig. 11) gegen die Meridianrichtung und gegen den Horizont. Man findet sie auf folgende Weise (s. Fig. 16): Durch einen festen Punkt O, der sich in der Entfernung „Eins“ über dem Punkte O_0 einer Hilfsebene befindet, werden zu allen Strahlen Parallele gezogen und ihre Durchschnitte mit der Hilfsebene bezeichnet. Zu einer Anzahl von Raumpunkten P, Q, R . . . seien die Bildpunkte auf beiden Aufnahmen gefunden und die Richtungen

$O_1 P$, $O_1 Q$, $O_1 R$ . . . $O_2 P$, $O_2 Q$, $O_2 R$ . . . konstruiert. Zu diesen ziehe man Parallele durch O, wobei man die Schnittpunkte P_1, Q_1, R_1 . . . P_2, Q_2, R_2 . . . in der Hilfsebene erhält. Der noch unbekannte Schnittpunkt einer Parallelen zur Standlinie $O_1 O_2$ durch den Punkt O werde mit O_{12} bezeichnet. Dieser Punkt O_{12} mufs nun mit $P_1 P_2$, $Q_1 Q_2$, $R_1 R_2$ auf je einer Geraden liegen und kann dadurch gefunden werden, dafs man die ebengenannten Verbindungslinien in der Hilfsebene zum Schnitt bringt. Mit O verbunden gibt er die Richtung der Standlinie. Ist die Orientierung der Aufnahmen gegen den Meridian nicht genau, so verrät sich das dadurch, dafs die Verbindungslinien $P_1 P_2$, $Q_1 Q_2$, $R_1 R_2$ . . . in der Hilfsebene nicht durch einen Punkt gehen. Man dreht dann die Figur der Punkte $P_2 Q_2 R_2$ . . . um den Fufspunkt O_0 des Lotes von O auf die Hilfsebene so lange, bis jene Verbindungslinien möglichst genau durch einen Punkt gehen, und verbessert auf diese Weise die gegenseitige Orientierung beider Aufnahmen. Hat man orientierte Aufnahmen von mehr als zwei Standpunkten, z. B. von drei solchen, O_1, O_2, O_3, so gibt es schon drei Standlinien $O_1 O_2$, $O_2 O_3$ und $O_3 O_1$, welchen in der Hilfsebene drei Punkte, O_{12}, O_{23}, O_{31}, entsprechen, die wiederum in einer geraden Linie liegen müssen, welche mit dem Punkte O zusammen die Ebene der drei Standpunkte bestimmt. Diese drei Punkte können, falls auf jedem Paare von Aufnahmen mindestens drei entsprechende Punkte zu finden sind, einzeln konstruiert werden, und die Lage auf einer Geraden bildet dann eine scharfe Kontrolle der Konstruktion. Mit der Zahl der Aufnahmen, auf denen sich zusammengehörige Punkte finden lassen, mehrt sich die Zahl der Kontrollen; sie beträgt bei vier Aufnahmen bereits 4, bei fünfen 10, bei n Aufnahmen $\frac{n\,(n-1)\,(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3}$. Die Erfüllung aller Kontrollen sichert die Richtigkeit der im einzelnen nicht besonders genauen Konstruktion in hohem Mafse.

6. Allgemeine Bemerkungen. Für den Forschungsreisenden bietet die Photogrammetrie ein überaus dankbares Feld, das um so ertragreicher wird, je mehr sich die Forschung ins einzelne erstreckt. Doch ist nicht jedes Gelände für die photogrammetrische Behandlung geeignet. Das photogrammmetrische Verfahren verlangt Übersicht. Die Vegetation ist überall ein ernstliches Hindernis. Ebenes oder hügeliges Gelände mit Wald und Busch eignet sich nicht für das gewöhnliche Verfahren mit Standpunkten auf festem Boden. Hier haben nur Aufnahmen vom Ballon oder Drachen aus Aussicht auf

Erfolg. Diese können, wenn sie mit den nötigen Mitteln ausgeführt werden, in Sumpflandschaften, Flufsdeltas und dergleichen unschätzbare Dienste leisten. Das eigentliche Gebiet der Photogrammetrie ist aber das Hochgebirge. In dem Mafse, wie mit gröfseren relativen Erhebungen die üblichen Methoden der Geländeaufnahme zu versagen beginnen, steigert sich die Wirksamkeit der Photogrammetrie. Im kahlen Fels- und Gletschergebiete feiert sie ihre Triumphe. Während sie im Berg- und Hügelland als Ergänzung zu den üblichen Routenaufnahmen und zur Schilderung des Landschaftsbildes dankenswerte Leistungen aufweist, ist sie im Hochgebirge zur ausschliefslichen Herrschaft berufen. Diese Überzeugung bricht sich langsam, aber sicher für die genauen staatlichen Kartenaufnahmen Bahn: für Forschungsreisende sollte sie schon jetzt aufser Zweifel sein. Die photogrammetrischen Methoden sind so weit ausgebildet, dafs bei genügenden Höhenunterschieden des Geländes und ausreichender Übersicht die Aufnahme des Reiseweges auf wesentlich photogrammetrischer Grundlage nicht nur möglich, sondern sogar empfehlenswert wird, namentlich wenn eine eingehende Darstellung des Geländes beabsichtigt wird. Unerläfslich sind dagegen photogrammetrische Aufnahmen für die Darstellung geographischer Einzelerscheinungen, wie Gletscherzungen, Firnkare, Felsgebilde und ähnlicher Gegenstände. Mit geringstem Zeitaufwand können die wenigen Bilder, die meist zur Festlegung dieser Objekte genügen, gewonnen werden.

Beispiel: Die in Tafel *I* wiedergegebenen Aufnahmen stellen das Zungenende des Suldenferners im Jahre 1904 dar und wurden mittels eines Photogrammeters von der Art des Seite 169 abgebildeten von Reisenden aufgenommen, die in der Photogrammetrie keinerlei Ausbildung genossen hatten. Der mit *I* bezeichnete Standpunkt war von früher her bekannt; ebenso die Entfernung des auf Fig. 17 mit *Gl. M. 1895* bezeichneten grofsen Steines. Diese Entfernung gab den Mafsstab der Rekonstruktion. Der Standpunkt *II* war vorher nicht bekannt und wurde erst nach der auf Seite 192 auseinandergesetzten Methode mitbestimmt. Zur Auffindung des dort mit O_{12} bezeichneten Punktes, der schliefslich die Richtung und Neigung der Standlinie *I — II* festlegt, wurden sieben Punktepaare verwendet. Nach Herstellung einer vorläufigen Orientierung im Grundrifs auf Grund einer geschätzten Basislänge wurde der mit *Gl. M. 1895* bezeichnete Punkt konstruiert und dann die Basislänge so verändert, dafs die Entfernung *I — Gl. M. 1895* im Mafsstab 1 : 5000 dem bekannten Wert gleichkam. Hierauf folgte die Konstruktion von 40, in Tafel *I*

Aufnahme von Punkt I.

Magnetnadel N 320°,0 S 140°,0, Schieberstellung 0,05 mm.



Aufnahme von Punkt II.

Magnetnadel N 304°,0 S 124°,0, Schieberstellung 12,95 mm.



Rahmenabmessungen am Instrument 104,5 × 78,3 mm;
Zugehörige Bildweite 107,45 mm; Normalstellung des Schiebers 19,3 mm.

Die Aufnahmen sind hier in willkürlicher Verkleinerung wiedergegeben. Die Bildweite der Konstruktion in Figur 17 ist die des Papierpositives mit 110,0 mm.

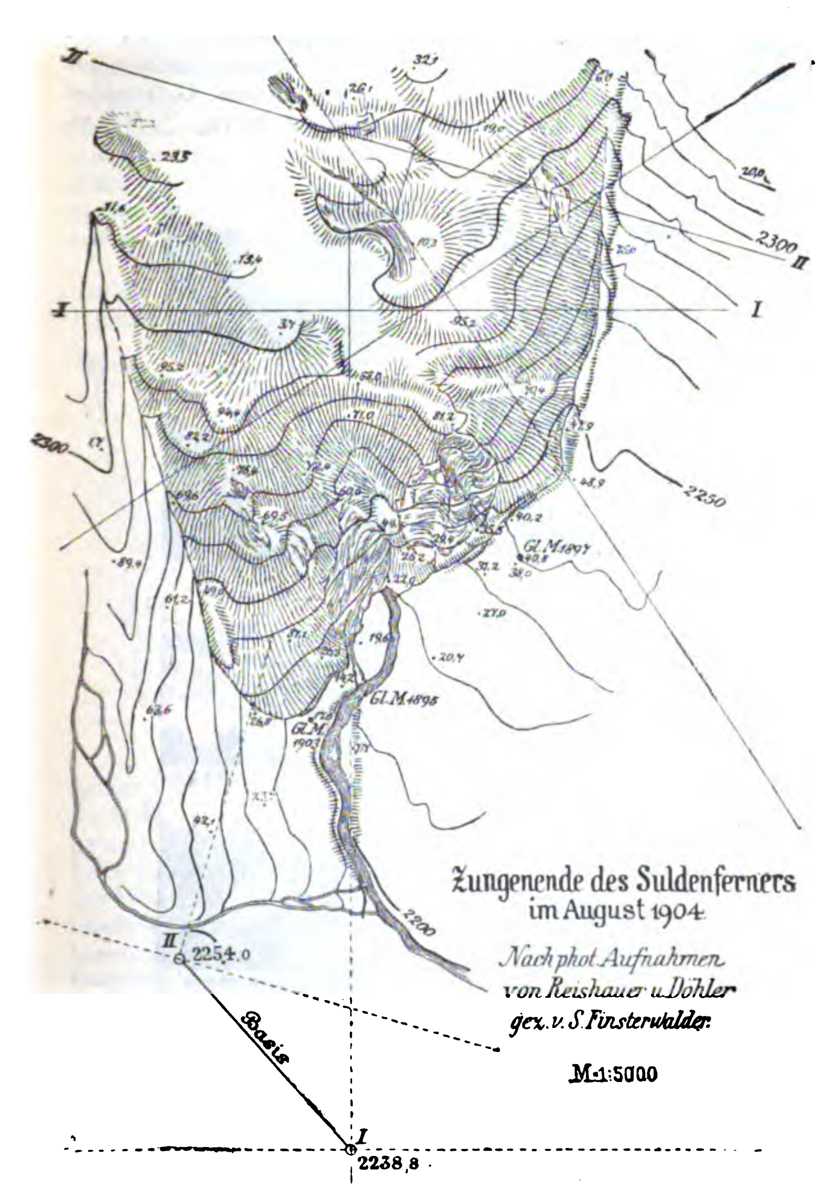

Zungenende des Suldenferners
im August 1904.
Nach phot. Aufnahmen
von Reishauer u. Döhler
gez. v. S. Finsterwalder.
M. 1:5000
Basis
2254,0
2238,8
2300
2250
2200
Gl. M. 1897
Gl. M. 1898
Gl. M. 1903

Fig. 17.

durch rote Marken bezeichneten Geländepunkten[7] und die Rechnung der zugehörigen Höhen von beiden Standpunkten aus nach der Methode von Seite 185. Der mittlere Unterschied beider Höhenbestimmungen eines Punktes betrug $\pm$ 0.9 m.

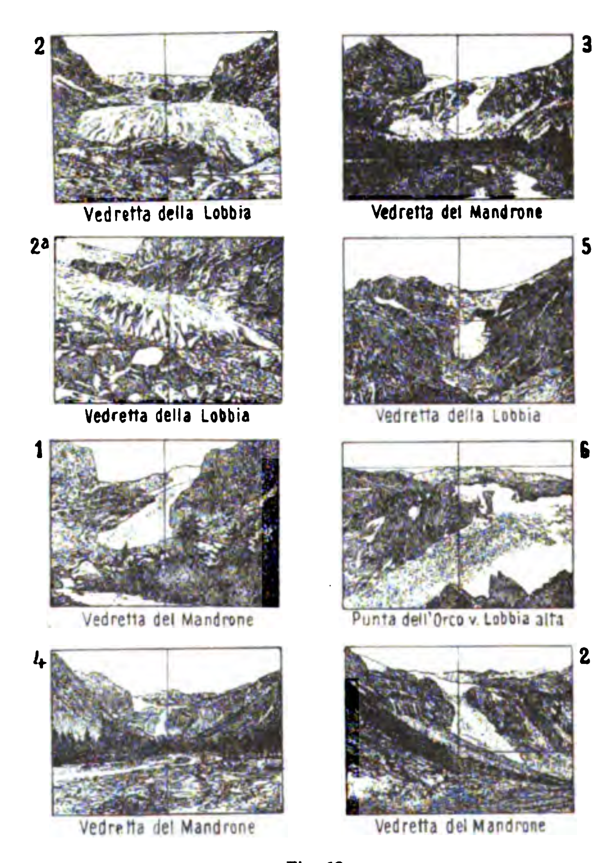


Fig. 18.

Alsdann wurde die Geländedarstellung durch Höhenlinien durchgeführt. Um die Zuverlässigkeit der magnetischen Orientierung zu prüfen, wurde unter Beiseitelassung der Kompafsablesungen die gegenseitige Orientierung der Aufnahmen ausschliefslich nach der besten Übereinstimmung der Höhen angestrebt, wobei die Winkel der Basis gegen die Achsen der

Aufnahmen nur um 0.046° ± 0.14° bei *I* und 0.125° ± 0.26° bei *II* zu ändern waren, was einer Bestätigung der magnetischen Orientierung gleichkommt. Aus den mittleren Fehlern der Änderungen geht allerdings hervor, dafs sich die Basisrichtung indirekt aus den Aufnahmen nur auf etwa 0.27° genau bestimmen läfst und eine direkte Messung des magnetischen Azimutes der Basis, die sich unter Voraussetzung der S. 170 geschilderten Okulareinrichtung hier sehr leicht hätte vornehmen lassen, von erheblichem Vorteil gewesen wäre.

Ein weiteres Beispiel, in welchem magnetische Orientierung der Aufnahmen nicht vorausgesetzt wurde, ist in den Figuren 18, 19 und 20 dargestellt. Die Fig. 18 zeigt in fünf-

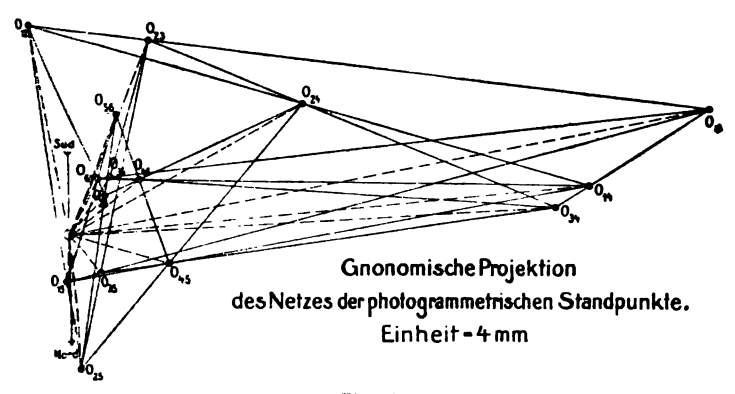


Fig. 19.

facher Verkleinerung acht Aufnahmen des Talschlusses des Val di Genova im Quellgebiet der Sarca in der Adamellogruppe der südlichen Ostalpen, welche behufs Festlegung der Lage der Gletscherzungen der Vedretta del Mandrone und der Vedretta della Lobbia im Jahre 1895 mittels des S. 176 beschriebenen Phototheodolits ausgeführt wurden. Die beigeschriebenen Ziffern *1*, *2*, *2*ª, *3*, *4*, *5*, *6* bezeichnen die Standpunkte. Hauptvertikale und Horizont (letzterer in sehr verschiedener Höhe das Bild teilend) sind angegeben. Die Bildweite beträgt in fünffacher Verkleinerung 30 mm. Der Standpunkt *2*ª ist gegenüber *2* und den Achsenrichtungen der beiden Aufnahmen der Vedretta della Lobbia von den Endpunkten der Standlinie *2*—*2*ª unmittelbar eingemessen und scheidet für die Orientierungskonstruktion aus; er kommt nur für die Einzelaufnahme der Vedretta della Lobbia in Betracht. Die übrigen sechs Standpunkte sind unter sich nicht verbunden, und mit

Ausnahme der Sicht von *2* nach *5* ist keine Sicht zwischen ihnen möglich. Sämtliche Aufnahmen sind nur gegen die Lotlinie — allerdings auf etwa eine Minute genau — orientiert. Die ursprüngliche Absicht, sie in das vorhandene Kartenmaterial einzupassen, liefs sich wegen der Unzulänglichkeit desselben nicht durchführen. Die Verarbeitung geschah nun auf dem Wege, dafs je zwei von den Aufnahmen, auf denen

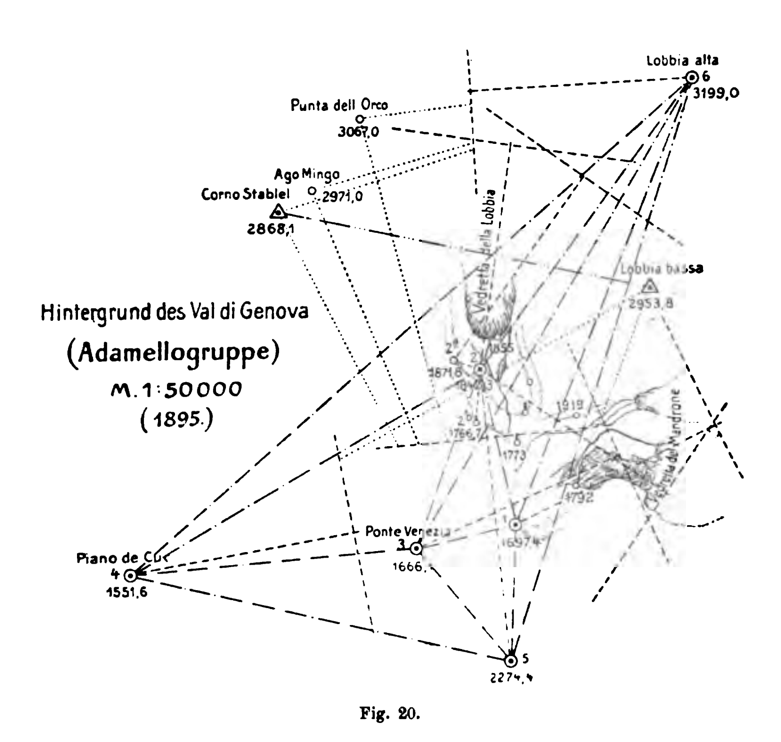


Fig. 20.

gemeinsame Punkte erkennbar waren, nach der S. 192 angedeuteten Methode gegeneinander orientiert wurden. Auf diese Weise entstanden in der in Fig. 19 wiedergegebenen Hilfskonstruktion der Reihe nach die zehn Punkte O_{12}, O_{23}, O_{31}, O_{14}, O_{24}, O_{34}, O_{25}, O_{56}, O_{26} und O_{51}, welche fünfmal zu je dreien auf Geraden liegen mufsten. Die fehlenden fünf Punkte O_{16}, O_{36}, O_{46}, O_{35} und O_{45}, welche Paaren von Bildern entsprachen, auf denen gemeinsame Punkte nicht vorkommen, liefsen sich durch einfaches Linienziehen ergänzen. Daran

schlofs sich die Rekonstruktion des Netzes der Standpunkte aus der Hilfsfigur, welches in Fig. 20 im Mafsstab 1 : 50 000 wiedergegeben ist. Als erste Näherung für den Mafsstab diente der barometrisch ermittelte Höhenunterschied (1650 m) des höchsten und tiefsten Standpunktes. Nachdem die gegenseitige Lage einiger Gipfel konstruiert war, liefsen sich zwei trigonometrische Punkte: Lobbia bassa 2959 m und Corno Stablel 2868 m, sicher identifizieren, und nach ihrer bekannten Entfernung konnte der Mafsstab verbessert werden. Es folgte hierauf die photogrammetrische Einzelkonstruktion der Gletscherzungen.

Das Beispiel zeigt, mit wie wenig Messung im Feld auf photogrammetrischem Wege noch ein brauchbares Ergebnis erzwungen werden kann, es soll aber keineswegs in dem Sinne vorbildlich sein, dafs jene Mindestfeldarbeit als wünschenswert hingestellt wird. Wären in diesem Falle die magnetischen Azimute sämtlicher Aufnahmen und jenes der freien Sicht *2*—*5* gemessen worden, so wäre die Konstruktion bei weitem einfacher und genauer geworden.

Bei der photogrammetrischen Aufnahme des Reiseweges wird man daher mindestens die Azimute sämtlicher Richtungen, in denen photographiert wurde, messen und von den Azimuten zwischen den Standpunkten so viel als irgend zu erlangen sind. Dabei spielt die Frage der Signalisierung der Standpunkte eine wichtige Rolle. Das bequemste photogrammetrische Signal ist ein Mann, der so lange auf einem Standpunkte O_1 verbleibt, bis das Azimut nach O_1 vom nächsten O_2 aus gemessen, bezw. photographisch festgelegt wurde. Durch Umhüllung des Signalmannes mit einem schwarzen oder weifsen Tuch, je nach dem Hintergrund, kann man ihn meist unschwer auf 500—1000 m sichtbar und photographisch abbildbar machen. Künstliche Signale, die nach allen Seiten gleich gut sichtbar sein sollen, lassen sich nur schwer herstellen. Steinmänner sind der Farbe wegen nur dort brauchbar, wo sie sich gegen hellen Hintergrund (Himmel oder Schnee) abheben. Für die Auswahl der Standpunkte sind folgende Gesichtspunkte zu beachten: Sie müssen paarweise gewählt werden, so dafs das gleiche Objekt von den beiden Standpunkten eines Paares sichtbar ist. Die Standlinie soll wenigstens ein Zehntel der Entfernung des Objektes betragen und quer zur Richtung gegen dasselbe gelegen sein. Standlinien von 2—500 m sind in der Regel am passendsten. Es ist durchaus nicht nötig, in ähnlichen Abständen während des Reiseweges Aufnahmen zu machen. Zwischen zwei Standlinien können Abstände von

mehreren Kilometern sein: es ist nur, wenn eine photogrammmetrische Verbindung der Aufnahme von beiden Standlinien aus möglich sein soll, nötig, dafs einzelne Objekte in nicht allzu grofser Entfernung auf Bildern (aber keineswegs allen) beider Standlinien vorkommen. Ist die Entfernung zweier Standpunkte (verschiedener Standlinien) zu grofs, als dafs ein photographisch abbildbares Signal errichtet werden könnte, so läfst sich vielfach unter Zuhilfenahme eines Fernrohres ein Hilfssignal (Signalmann) in geringerer Entfernung (50—100 m) aufstellen, welches dann mitphotographiert wird. Zur Bestimmung des Mafsstabes der photogrammetrischen Aufnahme ist das nächstliegende und sicherste Mittel die Messung der Standlinie mittels eines Mefsbandes oder des Mefsdrahtes, eines Stahldrahtes von 20—100 m Länge und 0.5—1 mm Stärke, den man auf Holzrollen von 150—300 mm Durchmesser aufgewickelt mit sich führt. Ist die unmittelbare Messung nicht ausführbar, so kann man zwei Signalmänner, die den Mefsdraht gespannt halten, so aufstellen, dafs sie von beiden Standpunkten aus photographiert werden können. Wird das Azimut jeder Aufnahme und jenes der Standlinie bestimmt, so kann man aus den Bildern die Länge der Standlinie, falls die Verhältnisse einigermafsen günstig liegen, mit ausreichender Genauigkeit ableiten. So läfst sich eine 200 m lange Standlinie O_1 O_2 mittels einer Hilfsbasis A B von 40 m auf 0.5 m genau photogrammetrisch messen[1]). Allerdings sind damit zwei Mann auf die Dauer der photographischen Aufnahme auf beiden Standpunktn festgelegt. Wenn es möglich ist, von einem der Standpunkte aus die Hilfsbasis quer zur Standlinie zu legen, vermeidet man diesen Übelstand, und es genügt eine zeitweise Festlegung der Richtung A B. Standlinienmessung der geschilderten Art sind meist nur für Talstationen ausführbar. Liegen die Standpunkte auf Gipfeln, so mufs die Entfernung derselben oder anderer in die photogrammetrische Konstruktion einbezogener Objekte trigonometrisch bestimmt werden. Was die Wahl des Azimutes der Aufnahmen betrifft, so ist sie durch die Lage des aufzunehmenden Gegenstandes in der Regel gegeben. Hat man von einem Standpunkte aus mehrere zusammenhängende Aufnahmen oder gar Rundsichten zu machen, so ist es sehr zu empfehlen, die Azimute in gleichen Abständen (z. B. 45° oder 50°) zu wählen, und zwar ausgehend von einer Richtung,

---

[1]) Mit einem Theodolit freilich leicht auf 0.1 m genau, ohne dafs man die Enden der Hilfsbasis durch photographierbare Signalmänner zu bezeichnen braucht.

die senkrecht zur Standlinie steht. Die Möglichkeit vereinfachter Konstruktion, die Erleichterung des Zusammensuchens entsprechender Punkte, die Betrachtung gleichgerichteter Aufnahmen durch das Stereoskop und die Ausmessung derselben mittels der Stereokomparators verlohnen die Wahl reichlich. Wenn im vorausgehenden die Hilfsmittel, welche die Photogrammetrie zur Festlegung des Reiseweges bietet, betont und ihre Anwendung empfohlen wurde, so geschah es gewifs nicht, um die übliche Skizzierung des Reiseweges ganz zu verdrängen. Sehr viele und vor allem die nächstgelegenen Einzelheiten des Reiseweges entziehen sich der photogrammetrischen Festlegung; ihre Eintragung in die Wegskizze darf der Reisende niemals versäumen. Er kann sich aber auch damit begügen und die weit umständlichere und schwierigere Eintragung der weiteren Umgebung des Reiseweges getrost der photogrammmetrischen Hausarbeit überlassen.

In der geographischen Reiseliteratur werden alljährlich Hunderte photographischer Aufnahmen veröffentlicht, die aus Mangel irgendwelcher Angabe innerer oder äufserer Orientierung ein höchst unvollständiges, vielfach geradezu irreführendes Bild von den wahren Mafsverhältnissen der dargestellten Gegenstände geben. Niemand scheint zu ahnen, um wie viel reicher, schärfer und nutzbbringender der Inhalt solcher Bilder wirkt, wenn ihnen die Elemente der inneren und äufseren Orientierung beigegeben werden. Wie viele gute Bilder bleiben unveröffentlicht, weil sie mit geneigter Kamera aufgenommen werden mufsten und darum eine sogenannte „falsche Perspektive“ geben, d. h. dem Beschauer, der von der Lage der Kamera nicht unterrichtet ist und eine wagrechte Achse gewohnheitsmäfsig voraussetzt, ein unrichtiges Bild vortäuschen. Wie oft werden ästhetischer Rücksichten halber willkürliche Ausschnitte aus Weitwinkelaufnahmen veröffentlicht, auf welchen Hauptvertikale und Horizont weit von der Mitte der Umrandung ab, ja nicht einmal parallel zu den Rändern zu liegen kommen. Wäre ein klares Verständnis des Nutzens und der Tragweite der Photogrammetrie in weiteren Kreisen vorhanden, so würde die Angabe der Bildweite der Neigung der Bildachse und die Kennzeichnung von Horizont und Hauptvertikale bei einer wissenschaftlich wertvollen Aufnahme niemals fehlen. Sicherlich wird noch die Zeit kommen, wo die gerügte Unterlassung in ähnlicher Weise als Zeichen unwissenschaftlichen Sinnes aufgefafst wird, wie heutzutage die Veröffentlichung einer einzelnen Aneroidablesung ohne irgendwelche Angabe über Instrument, Skala oder Korrektur.

Literatur über Photogrammetrie.

Am inhaltreichsten, insbesondere an praktischen Winken ist:

Photographic surveying, including the elements of descriptive geometry and perspective by E. Deville Surveyor General of Dominion Lands. Ottawa 1895.

Mehr nach der instrumentellen Seite mit Rücksicht auf genaue Aufnahme:

P. Paganini, Fotogrammetria. Milano 1901.

Für Präzisionsphotogrammetrie und Konstantenbestimmung kommen in Betracht:

Die Photogrammetrie oder Bildmefskunst von Dr. C. Koppe. Weimar 1889.

Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung von Dr. C. Koppe. Braunschweig 1896.

Wegen seines theoretischen Inhalts verdient Beachtung:

Die Photographie im Dienste des Ingenieurs von Friedr. Steiner. Wien 1891.

Eine Übersicht über die mathematische Theorie bietet:

Die geometrischen Grundlagen der Photogrammetrie. Bericht, erstattet der deutschen Mathematikervereinigung von S. Finsterwalder. Leipzig 1899.

Die Geschichte der Photogrammetrie und eine ausführliche Zusammenstellung der Literatur findet sich in:

Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques par le Colonel A. Laussedat. Tome II. Iconometrie et métrophotographie. Paris 1903.

Geologie.

Von

F. Frhr. v. Richthofen [1]).

Unter den zahlreichen Gesichtspunkten, nach denen sich dem Reisenden eine Fülle von Stoff zu unausgesetzter Beobachtung darbietet, nimmt derjenige, welcher sich auf die feste Erdoberfläche selbst, den äufseren und inneren Bau ihrer Formgebilde und die zu deren fortdauernder Umgestaltung wirksamen Kräfte bezieht, eine bevorzugte Stellung ein. Wohl kann man durch Messung nach der Horizontalen und Vertikalen und darauf gegründete Kartenzeichnung die orographischen Gestaltungen — wie die Form und Verteilung von Gebirgen und Hochflächen, von Tälern und Niederungen, von Halbinseln und

---

[1]) Über dreifsig Jahre sind verflossen, seitdem ich, eben von gröfseren geologischen Reisen zurückgekehrt, meinem hochverehrten Freund Exzellenz von Neumayer, welcher in richtigem Verständnis für die Bedürfnisse der Zeit den grofsen Plan der Herausgabe dieser „Anleitung“ entwarf und seine Ausführung tatkräftig in die Wege leitete, die Abfassung des Abschnittes „Geologie“ ohne Zaudern zusagte. Zaghaft übergab ich ihm vor 18 Jahren das Manuskript für eine zweite Auflage, und fast ist es vermessen, dafs ich jetzt seinem freundlichen Ruf gefolgt bin, meine Arbeit für einen so umfassenden Abschnitt zum dritten Mal in den Dienst des Werkes zu stellen. Denn in jedem ihrer Teile ist in diesen drei Jahrzehnten die Geologie mächtig vorgeschritten; viele Anschauungen haben sich geändert; nur einzelnen konnte ich selbst genauer folgen, da mir neue Aufgaben auf einem grofsen Nachbargebiet erwuchsen. Wenn ich daher fürchten mufs, dafs die Ergebnisse mancher Forschungen nicht den ihnen zukommenden Grad von Berücksichtigung gefunden haben, so darf ich doch hoffen, dafs die Tatsache meiner langjährigen Erfahrung in der Pionierarbeit über die Geologie ferner Länder gerade in diesem Buch einigen Ersatz für solche Mängel und zugleich die Rechtfertigung für die Kühnheit meines Unternehmens bieten wird. Ich habe mich so viel als tunlich an den in der ersten Auflage befolgten Gang der Behandlung angeschlossen. v. R.

Inselgruppen, von Meeresküsten und Strombecken — kennen lernen; auch vermag man die Bedeutung dieser Bodenformen für meteorologische Vorgänge, für die Verbreitung von Pflanzen und Tieren, sowie für die Ansiedlungen und den Verkehr der Menschen in vielen Fällen zu ergründen. Aber die Gestaltungen an sich bleiben starre und tote Gebilde; Inhalt und Leben erhalten sie erst, wenn die Forschung sich in ihr inneres Wesen vertieft. Will daher der Reisende für das tiefere Verständnis der Erdräume, welche er erforscht, beitragen, so mufs er seine Tätigkeit den darauf bezüglichen Aufgaben zuwenden. Sie gehören teils der Geologie, teils der physischen Geographie, teils einem breiten Grenzgebiet zwischen beiden an, innerhalb dessen die Scheidelinie beider Wissenschaften je nach individueller Vorbildung und Neigung nach der einen oder andern Seite verschoben werden kann. Wenn hier aus Zweckmäfsigkeitsrücksichten das ganze weite Feld der „Geologie" zugeteilt wird, so wird der Dehnbarkeit dieses Namens nach seiner etymologischen Bedeutung Rechnung getragen. Grofse Teile der „physischen Geographie" haben in anderen Abschnitten dieses Buches Berücksichtigung gefunden. Dagegen mufsten in dem vorliegenden wichtige und grundlegende Gebiete der reinen Geologie, welche der geographischen Forschung fern liegen, und die nur der Geologe von Fach auf Reisen pflegen wird, insbesondere die Paläontologie und spezielle Petrographie, ausgelassen oder nur gestreift werden.

Alle in Betracht kommenden, hier nur skizzenhaft dargestellten Gegenstände sind, nebst manchen anderen, eingehender und ausführlicher in des Verfassers gröfserem Werk: „Führer für Forschungsreisende" (Berlin 1886; unveränderter Neudruck, Hannover 1901) behandelt worden. Leider hat es eine dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft entsprechende Umgestaltung noch nicht erfahren und ist bezüglich manchen Gegenstandes veraltet. Es kann daher hier nicht ohne Vorbehalt darauf verwiesen werden.

A. Vorbereitung und allgemeine Arbeit.

Beispiele elementarer Untersuchung. — Um uns zunächst in ganz allgemeiner Weise über die hier in Betracht kommenden Aufgaben klar zu werden, setzen wir den einfachen Fall, den sich Jeder nach Vorbildern in seiner Heimat oder ihm sonst bekannten Ländern vergegenwärtigen kann: ein Reisender, mit mäfsiger Vorbildung in der Geologie, aber bestrebt, die ihm gebotene Gelegenheit nach seinen Kräften zur Vermehrung der Kenntnis auf diesem Gebiet zu benutzen, lange auf einem Gebirgspafs an und sehe vor sich ein Tal

ausgebreitet, durch welches sich ein Fluſs schlängle, jenseits dessen ein anderer Hügelzug mit einzelnen höheren Gipfeln in der Ferne ansteige. Sein Weg führe ihn quer über das Tal hinweg und an dem jenseitigen Gehänge allmählich hinan nach dem Kamm. Gebirge und Tal, wenn auch ihrer Existenz nach bekannt, seien doch in ihrem inneren Bau noch unerforscht. Was kann er tun, um sein Bestreben auszuführen und Beobachtungen mitzubringen, die einen wirklichen Einblick in die geologischen Verhältnisse gewähren oder die Geologie nach anderen Richtungen hin zu fördern geeignet sind? Viele schrecken vor der Schwierigkeit der Aufgabe zurück oder nehmen im besten Fall einige planlos aufgelesene Gesteinsstücke mit, deren Fundorte sie später vielleicht noch annähernd anzugeben wissen, und erwarten von dem Geologen, daſs er daraus den Bau des durchreisten Landes konstruiere. Diese Methode ist unzureichend und die ganze auf das Sammeln und Fortschaffen der Gesteinsstücke verwendete Mühe vergeblich.

Nehmen wir an, der Reisende bestimme nach den in einem anderen Teil dieses Buches gegebenen Vorschriften die Lage des Passes astronomisch, um ihn als einen der Stützpunkte für die topographische Karte der bereisten Gegend, deren Anfertigung ihm obliegt, zu benutzen. Zunächst wird er die Namen des Passes, des Gebirges, in dem er liegt, des Flusses im Talgrunde, der etwa daran liegenden Ortschaften und des jenseitigen Höhenzuges zu erfragen suchen, sowie auch diejenigen der in der Ferne sichtbaren hohen Gipfel, deren Richtung er mit dem Kompaſs oder Theodolit bestimmt. Sodann schlägt er, nach den später anzugebenden Regeln, ein Handstück des Gesteins, das am Paſs ansteht, und nimmt es mit, entweder zum Beleg seiner Beobachtungen und eigenen späteren Studium, oder um es nach der Rückkehr einem Fachmann vorzulegen. An und für sich hat das einzelne Stück keinen Wert. Es erhält ihn zum Teil dadurch, daſs der Ort, von wo es stammt, sich auf der Karte genau bestimmen läſst. Doch hat es auch dann noch eine untergeordnete Bedeutung; denn es läſst sich nicht ersehen, ob das Gestein örtlich beschränkt vorkommt oder ein ganzes Gebirge zusammensetzt, noch auch, von welchem geologischen Alter es ist, und wie es sich zur Struktur der ganzen Gegend verhält. Um eine Grundlage für die Beantwortung dieser Fragen zu schaffen, wird die Beobachtung bei dem Abstieg nach dem Tal ohne Unterlaſs fortgesetzt. Vielleicht bildet die Gebirgsart, sei sie Granit oder Kalkstein, oder von anderer Art, den ganzen Abhang, und dann genügt die einfache Feststellung dieser Tatsache im Tagebuch.

Vielleicht macht sie bald anderen Gesteinen Platz, indem z. B. Schieferton und Kalkstein auf Granit folgen, oder unter einer Basaltdecke, in der der Pafs sich befindet, Glimmerschiefer zutage tritt. In solchem Fall wird unser Reisender auch von diesen Gesteinen Handstücke schlagen und auf der Karte die Stellen bezeichnen, von denen sie herrühren, sowie im Tagebuch und auf Zetteln, die den Gesteinsstücken beigelegt werden, die Reihenfolge ihres Sammelns genau notieren. Ebenso wird er bei dem jenseitigen Anstieg verfahren. Vielleicht ist er so glücklich, in einer Schicht einige Versteinerungen zu finden. Mit dem Wert, den sie für den Geologen haben, vertraut, wird er sie besonders sorgfältig sammeln und genau feststellen, aus welchem Teil seiner Reihenfolge von Gesteinen sie stammen.

So wird die Art und das Nebeneinander der Gesteine in mehr oder minder vollkommener Weise ergründet werden. Aber die Beobachtungen müssen sich auch auf ihr Übereinander erstrecken, damit man erkenne, in welcher Weise die einzelnen gesammelten Gesteine an dem architektonischen Aufbau der beiden Gebirgszüge teilnehmen, und wie sie sich zunächst dem Weg des Reisenden weiter verbreiten. Wieviel er von diesen Verhältnissen feststellen kann, wird sich zum Teil nach der Gunst der Umstände richten. Ein Schnitt quer durch das Gebirge, wie ihn zuweilen die Durchgangstäler bieten, würde am geeignetsten sein, sie zu erschliefsen. Dem zunächst an Wert kommt ein vom Wasser ausgefurchter Einschnitt in die Oberfläche, von der Kammhöhe nach dem Fufs des Abhanges. Die gegenseitigen Begrenzungsflächen der einzelnen Gesteine sind hier zu jeder Seite entblöfst und geben sich in ihren Durchschnittslinien mit den Wänden der Schluchten zu erkennen, besonders wenn diese zu grofser Tiefe ausgewaschen sind. Verlängert man die Flächen gegen das Innere des Berges, so erhält man ein Bild des Gebirgsbaues, welches wenigstens annähernd richtig sein kann.

Angenommen, der Weg von unserem Pafs nach dem Tal führe in einer tiefen Schlucht hinab, so wird es sich hier zeigen, in welcher Weise entweder die Schichten eines und desselben Gesteins oder die geschichteten und ungeschichteten Massen verschiedener Gesteine gegeneinander angeordnet sind. Hat man es mit Sandstein, Schiefern oder Kalkstein zu tun, so lagern die Schichten selten horizontal, sondern sind unter einem gewissen Winkel oder auch unter verschiedenen Winkeln geneigt, und zwar ist meistenteils die Neigung entweder in das Innere des Gebirges oder von ihm hinweg gerichtet. Um

das Verhältnis zu einem klaren und kurzen Zahlenausdruck zu bringen, bestimmt man mit dem Kompafs die Richtungen des Streichens und des Fallens — d. h. 1. die Himmelsrichtung einer auf der Schichtungsfläche gedachten Horizontallinie und 2. diejenige, nach welcher die Fläche geneigt ist, sowie den Winkel, welchen die Neigung mit der Horizontalebene bildet. Bei einiger Erfahrung wird es auch gelingen, anzugeben, wieviel Zehner oder Hunderte oder Tausende von Metern die Mächtigkeit — d. h. die Dicke in einer zu den Schichtebenen rechtwinkligen Richtung — einer durch gleiches oder ähnliches Gestein ausgezeichneten Reihenfolge von Schichten beträgt. Da nun in der Regel ein und dasselbe Gestein mit wenig wechselnder Mächtigkeit weithin fortsetzt, so läfst sich, wenn die Streichrichtung bekannt ist, auch der Bau der beiderseits an die Schlucht angrenzenden Teile des von ihr verquerten Gebirges im allgemeinen übersehen. Treten in einem der Gesteine Steinkohlen oder Erze auf, so mufs auch die Art, wie diese vorkommen, genau untersucht werden. Gewöhnlich ist das Gestein von lockerem Erdboden bedeckt, der von sehr verschiedener Beschaffenheit sein kann; es ist wichtig, ihn in die Untersuchung hineinzuziehen.

So vermag der fortdauernd beobachtende Reisende ohne viel Mühe, und mit desto weniger, je mehr seine Erfahrung wächst, eine Reihe von Tatsachen zu sammeln, aus deren Vereinigung sich ein, wenn auch noch unvollkommenes Bild von dem Gesteinsaufbau, d. i. von dem geologischen Bau der beiden das Tal einschliefsenden Gebirge und der zwischen ihnen im Talboden gelagerten Sedimente, gewinnen lassen wird. Er kann es vervollständigen, indem er mit Sorgfalt die äufseren Formen des Gebirges in Karte und Bild niederlegt, die Lage der Hauptgipfel, die Richtung der Kämme und Abfälle, der Nebenhöhen und Wasserläufe, die Neigungswinkel der Gehänge in verschiedenen Höhen, die Richtung des Haupttales, soweit es sichtbar ist, die Breite, Form und Beschaffenheit des Flufsbettes, die Tiefe und Geschwindigkeit des Stromes, die Beschaffenheit und Ausdehnung des Schwemmlandes zu seinen Seiten und dessen Abgrenzung entweder durch eine ebene Terrasse von gerollten Gesteinstrümmern oder unmittelbar durch die Gebirgsgehänge, untersucht; und das Verständnis wird erleichtert werden, wenn möglichst viele Höhenbestimmungen gemacht werden. Wie diese hier in flüchtigen Umrissen angedeuteten Beobachtungen ausgeführt werden, worauf besonders das Augenmerk zu richten ist, und welche anderweitigen Gesichtspunkte dabei noch unter mannigfach sich ändernden Verhält-

nissen festzuhalten sind, dies ist der Zweck unserer ferneren Auseinandersetzungen.

Ähnlich wie in dem bisher angenommenen Fall der aufmerksame Beobachter, auch ohne bedeutende Vorkenntnisse, mitten im Lande ein Bild von den geologischen Verhältnissen zu liefern imstande ist, welches dem Fachgelehrten verständlich sein und von ihm zu weiteren Schlüssen benutzt werden kann, so vermag er dies auch bei dem Landen auf einer Insel oder an einer fernen Küste zu tun, mit dem Unterschied, dafs hier die Aufgabe eine ungleich leichtere zu sein pflegt. Zunächst bietet sich ausgiebige Gelegenheit zum Sammeln, da Raum und Gewicht bei einer Reise zu Schiff keine Beschränkung auferlegen. Ferner ist die topographische Küstenaufnahme vorhanden und kann mit geringer Mühe nach dem Inneren hin vervollständigt werden. Es ist in diesem Fall stets das Beste, zunächst sich von einem hohen Aussichtspunkt eine Übersicht der Gegend zu verschaffen, dann deren Einzelheiten eingehend zu studieren und schliefslich noch einmal das Ganze zu überblicken. Andererseits aber treten an den Küsten noch vielerlei besondere Untersuchungen hinzu, von denen später die Rede sein wird.

Allgemeine Gesichtspunkte. — Es lassen sich aus den angeführten Beispielen im Umrifs die Aufgaben übersehen, welche sich der geologischen Forschung in einer gar nicht oder unvollkommen bekannten Gegend bieten. Sie bestehen im Beobachten, Messen, Sammeln und Aufzeichnen, und diese vier Beschäftigungen müssen fortdauernd Hand in Hand gehen. Am wichtigsten ist die Beobachtung, aber nur wenn sie durch die anderen Arten der Tätigkeit kontrolliert und in ihrer Ursprünglichkeit zu Papier gebracht wird. Die Gesichtspunkte, welche sich ihr bieten, sind die folgenden: 1. das durch möglichst viele Höhenmessungen gestützte und durch das Auge vervollständigte oroplastische Bild der bereisten Gegend; — 2. der Charakter und die Arten der Gesteine und Formationen, welche das Land zusammensetzen; — 3. die Art, in welcher diese einerseits in der Horizontalen und Vertikalen, andererseits in Beziehung auf die Zeitalter ihrer Entstehung aufeinander folgen; — 4. die Stellung, welche sie in der Geschichte der Erde einnehmen, d. h. ihre Einreihung in die nach ihrer chronologischen Folge bestimmten Formationsreihen anderer Länder; — 5. die Art, in welcher sie sich zu Gebirgen aufbauen oder die Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllen; — 6. die Art, in welcher diese Gebirge gegenseitig angeordnet sind und Länder oder Inselreihen zusammensetzen; — 7. die Veränderungen, welche an deren Oberfläche durch Verwitterung,

Lockerung, fortschaffende Kraft der Rieselwässer, Erosion, Wirkung des Eises, Ablagerung von Zerstörungsprodukten, vulkanische Tätigkeit, tektonische Bewegungen, positive oder negative Strandverschiebung, Arbeit der Brandungswelle, Umlagerung durch Meeresströmungen und durch mancherlei andere Agentien nachweislich stattgefunden haben und noch stattfinden; — 8. die technische Verwertbarkeit einzelner Gesteine und das Auftreten nutzbarer Mineralstoffe in ihnen.

Erforderliche Vorkenntnisse. — Die vorstehenden Aufgaben wird der Einzelne, je nach dem Grad seiner Vorkenntnisse und praktischen Erfahrung sowie nach dem Mafs der ihm gebotenen oder von ihm aufgesuchten Gelegenheiten, in mehr oder minder vollständiger Weise zu lösen vermögen. Keiner sollte vor den scheinbaren Schwierigkeiten zurückschrecken; denn in wenigen anderen Wissenschaften setzen elementare Beobachtungen so leicht zu erwerbende Vorkenntnisse voraus als in der physischen Geographie und Geologie. Wer immer hinreichende Sorgfalt darauf verwendet, vermag durch verständiges und planmäfsiges Sammeln von Gesteinsstücken Fragmente zur geologischen Kenntnis zu liefern, und wer mit offenen Augen reist, kann eine Menge wertvoller Beobachtungen nach den unter 1, 3, 5, 6, 7, 8 (s. oben) angeführten Gesichtspunkten, sowie Material zur Lösung der in 2 und 4 enthaltenen Fragen mitbringen. Je vollkommener die Vorbildung und je reicher die Erfahrung, desto höher können natürlich die Leistungen sein, und desto gröfseren Wert wird jede einzelne Beobachtung haben. Absolut erforderlich ist die Kenntnis der verbreitetsten Gesteine und der gebräuchlichsten geologischen Ausdrücke. Die letzteren kann man sich durch das aufmerksame Studium von Lehrbüchern (s. unten S. 216) aneignen. Die Gesteine aber und die richtige Anwendung ihrer Namen lassen sich nur nach Schaustücken in Sammlungen einprägen, wenn man sie unter kundiger Anleitung gründlich besichtigt und studiert. Eine gute Vorbereitung für Reisen ist es, aufserdem eine eigene Sammlung anzulegen, die sich auf das Wichtigste beschränkt, und an deren Hand man die betreffenden allgemein verständlichen Werke mit Sorgfalt liest. Wer sich des Abc in der Geologie unkundig erweist, indem er beispielsweise (wie dies häufig geschieht) einen Sandstein oder Trachyt, weil sie körnig sind, als Granit beschreibt oder einen versteinerungsführenden Kalk als Muschelkalk bezeichnet oder jede kesselförmige Vertiefung einen Krater nennt, der kann im besten Fall durch Sammeln einen kleinen Beitrag

von zweifelhaftem Wert liefern, aber seine aufgezeichneten Beobachtungen werden als verlorene Mühe betrachtet werden.

Die Leichtigkeit, mit der man sich eine Menge des Wissenswürdigen in der Geologie aneignen kann, führt zu einer gefährlichen Klippe, an welcher Viele scheitern. Sie besteht in der Versuchung, welche diese Wissenschaft zu weitgehenden theoretischen Schlufsfolgerungen bietet. Der Laie ist dazu am meisten geneigt; die Vorsicht wächst mit der Kenntnis und Erfahrung. Die Schlufsfolgerungen von höheren Gesichtspunkten aus sollten daher denen überlassen bleiben, welche neben ausgedehnter Übung im Felde die Fähigkeit zu gründlichem geologischem Arbeiten im Studierzimmer erlangt haben. Je reiner sich die Beobachtung von der Theorie hält, desto wertvoller ist sie. Das kann nicht genug beherzigt werden. Dagegen sollte man sich mit den herrschenden Theorien, insbesondere über alles, was mit Gebirgsbildung und Gebirgsumgestaltung zusammenhängt, bekannt machen, um durch eigene Beobachtungen Material für ihre Begründung oder Modifikation beibringen zu können.

Ausrüstung. — Hammer, Kompafs und Aneroid sind das Handwerkszeug, ohne welches geologische Arbeit nicht ausgeführt werden kann. Nächst Büchern zum Einschreiben und Zeichnen ist aufser ihm nicht vieles unbedingt notwendig.

Der Hammer mufs besonders für den Zweck gearbeitet sein. Von seiner Beschaffenheit hängt viel ab. Mit einem schlechten hat man doppelte Arbeit, erhält unvollkommene Handstücke und unterläfst oft das Sammeln; er nutzt sich leicht ab, wird dann beinahe unbrauchbar, und man hat viel Verdrufs. Der dazu verwendete Stahl mufs die gröfste Härte besitzen, welche sich ohne zu grofse damit verbundene Sprödigkeit erreichen läfst. Von nicht geringer Wichtigkeit ist seine Form. In dieser Hinsicht aber gehen die Ansichten weit auseinander. Es hat daher nur den Wert individueller Meinung, wenn ich nach eigener, auf der Anwendung verschiedener Systeme beruhender Erfahrung zum Zweck der Erzielung von wirksamem Schlag und genauer Leistung die folgenden Angaben für die Form des zur täglichen Arbeit zu verwendenden Hammers vorschlage: ein Ende sei scharf, das andere stumpf, die Schneide des Keilendes dem Stiel parallel, das stumpfe Ende parallelepipedisch (nicht abgestutzt-pyramidal, was man häufig findet), dessen Endfläche (also auch der Querschnitt des Hammers am stumpfen Ende) ein Rechteck, dessen längere Seiten dem Stiel parallel. Als günstigstes Gröfsenverhältnis fand ich 28 und 25 mm für die vier Seiten des Rechteckes und 10 cm für die ganze Länge des Hammers. Das Zentrum des Loches für den Stiel mufs mit dem Schwerpunkt zusammenfallen und das Loch oben weiter sein als unten, damit, wenn das obere Ende des Stieles verkeilt ist (mit hölzernem oder mit Widerhaken versehenem eisernem Keil), der Hammer bei dem Gebrauch nicht

herausfliege; der Stiel muſs ungefähr 40 cm lang, vom zähesten und härtesten Holz gearbeitet (z. B. amerikanischem Hickoryholz), und gegen das Ende hin etwas angeschwellt sein, so daſs er zu sicherem Schlag bequem in der Hand ruht. Es ist gut, einige Reservestiele und Keile mit sich zu führen. Man trägt den Hammer entweder in einem ledernen Futteral, das an einem Leibriemen auf der linken Seite des Körpers angebracht ist, oder an der Seite der ledernen Umhängetasche. Zu vollkommener Ausrüstung sollte man Hämmer verschiedener Gröſse mit sich führen, darunter einen mit zugeschärfter, horizontal stehender Schneide zur Arbeit in schieferigem Gestein, und einen groſsen, von 2—3 Kilogramm Gewicht, zum Zertrümmern von Blöcken zähen Gesteins, z. B. wenn es darauf ankommt, Versteinerungen aus festem, dickgeschichtetem Kalkstein zu sammeln.

Der Kompaſs sollte so eingerichtet sein, daſs er zu verschiedenen Zwecken dient, und in Anbetracht seiner Wichtigkeit von vorzüglichster Konstruktion sein. Erst bei einem Durchmesser des Teilungskreises von mindestens 6—7 cm kann die wünschenswerte Genauigkeit der Gradteilung und Ablesung erreicht werden. Uhrförmige Instrumente sind auch mitzunehmen und für allgemeine Orientierung zu verwenden, genügen aber nicht für exakte Beobachtung. Das runde Gehäuse sollte auf einer quadratischen Messingplatte so befestigt sein, daſs die N-S-Linie einer Seite parallel ist, und das ganze Instrument in einem genau gearbeiteten Holzkasten liegen, so daſs bei dem Aufklappen desselben eine ungefähr 15 cm lange Seite der N-S-Linie parallel ist. Man hat dann nur diese Seite derjenigen Linie parallel zu halten, deren Abweichung von dem magnetischen Meridian bestimmt werden soll, und kann das Resultat unmittelbar mit groſser Schärfe an der Stellung der Nadel ablesen. Die letztere sollte stets stabförmig, und der Kreis in 360 Grade geteilt sein. Doch ist auch eine Teilung jedes Quadranten in 90 Grade, wobei die Nullpunkte mit den Polen zusammenfallen, praktisch. Die früher übliche Einteilung des Bergkompasses in 24 oder zweimal 12 „Stunden“ ist ganz ungenügend, da die Ablesungen mindestens auf einen Grad genau geschehen müssen.

Die angegebene Methode der Ablesung ist besonders bei Streichungsrichtungen anstehender Schichtgesteine oder eines Ganges anzuwenden. Sie ist ungenügend, wo die Richtungslinie von dem Standpunkt des Beobachters nach einem entfernteren Gegenstand, z. B. dem Gipfel eines Berges, bestimmt werden soll. Dazu muſs an dem Kompaſs eine Azimutvorrichtung angebracht sein. Ein einfaches Visier zum Aufklappen, bestehend in einem senkrecht stehenden, mit einem Schlitz versehenen Stäbchen am Südende und einem ebenso gestellten, mit einem Faden, am Nordende der Gradeinteilung, ist vollkommen zweckentsprechend. Am Boden sollte eine Vorrichtung zum Aufschrauben auf ein Stativ angebracht sein.

Auch der sogenannte prismatische Kompaſs wird häufig angewandt. Die Nadel trägt ein rundes Kartenblatt mit Gradeinteilung, und letztere wird, vergröſsert, durch ein Prisma abgelesen. Da jedoch die Ablesung nur durch dieses geschehen kann und die Nadel mit ihrer Belastung sehr langsam schwingt, so sind diese Instrumente nur dann brauchbar, wenn man den Kompaſs fest und in einer für diese Art des Ablesens bequemen

Lage aufstellen kann; und da dies sehr häufig nicht möglich ist, so beeinträchtigt man leicht die Genauigkeit, welche die Methode zu erhöhen bestimmt ist.

An jedem geologischen Kompaſs befindet sich ein Klinometer, um den Winkel zu bestimmen, den eine geneigte Linie oder Fläche mit dem Horizont bildet. Es besteht aus einem im Mittelpunkt des Kompaſskreises aufgehängten Pendel und einem in zweimal 90 Grad geteilten Halbkreis vom Radius der Pendellänge. Die Genauigkeit der Bestimmung wird um so gröſser sein, je länger die gerade Linie des Instrumentes ist, welche man in die zu bestimmende Neigung zu bringen vermag. Fällt der Nullpunkt des Klinometers mit dem W- oder O-Punkt des Kompasses zusammen, so kann man die Seite des geöffneten Kästchens zum Anlegen auf einer geneigten Schichtfläche benutzen und sehr befriedigende Resultate erhalten. Will man aber die Neigung einer im Profil gesehenen sanften Böschung oder der Gehänge eines vulkanischen Kegels messen, so hält man die untere Langseite des Kastens so, daſs sie mit der Profillinie zusammenfällt, und wird, wenn man das Mittel aus zwei oder drei Ablesungen nimmt, das Resultat bis auf einen halben Grad genau bekommen können.

Das nächst wichtigste Instrument ist das Aneroid, um auſser den für das Relief der Gegend wichtigen Höhenbestimmungen (hierbei ist die Bestimmung der Lufttemperatur erforderlich) auch fortdauernd kleine Höhenunterschiede zu beobachten und dadurch die Mächtigkeit von Schichtengruppen, die Erhebung einer Schotterterrasse über die Talsohle oder alter Küstenränder über dem Meer, die Tiefe von Schluchten, die Höhe, bis zu welcher Gletscher oder Lavaströme herabreichen, das Gefälle von Gebirgsbächen und vieles andere, das sich der Beobachtung ohne Unterlaſs bietet, sogleich zu bestimmen. Den bequemsten Dienst tut ein kleines Instrument in Gestalt einer Uhr, das man an einer um den Hals geschlungenen Schnur in einer etwas höher als die Uhr angebrachten Westentasche trägt. Dort ist es Störungen am wenigsten ausgesetzt und bewahrt am gleichmäſsigsten die Temperatur; zugleich auch hat man es stets leicht zur Hand. Der Reisende sollte aber niemals ohne zwei andere kontrollierende Aneroide sein. Der Gang aller dieser Instrumente muſs durch Prüfung (am besten bei der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg) auf das genaueste bekannt und in Tabellen niedergelegt sein. Erfährt ein Instrument einen Stoſs, wie es bei längeren Reisen unvermeidlich vorkommt, so vergleicht man es sofort mit den anderen und notiert, falls es seinen Gang verändert hat, die von nun an bis auf weiteres konstant bleibende Abweichung. Da man zuweilen bei zwei Aneroiden eine gröſsere Differenz im beiderseitigen Stand beobachtet, als sie vorher hatten, ohne die Veranlassung zu kennen, und ohne daher zu wissen, welches von beiden seinen Gang geändert hat, so zeigt die Vergleichung mit einem dritten Instrument sofort an, wo und wie groſs der Fehler ist. Sind auch Unfälle dieser Art bei sorgfältiger Behandlung selten, so lassen sie sich doch nicht vermeiden (z. B. bei einem Fall, dem Umstürzen des Wagens, dem Abwerfen des Gepäckes durch Lasttiere usw.). Ein einziges Aneroid ist deshalb von geringem Wert. Die Mitnahme eines zweiten bietet einige Garantie, aber nur wenn ihrer drei sind, kann man die Fehler ganz eliminieren. — Die Reserve-Aneroide packt man mitten in

Wäsche hinein, wo sie recht gut geschützt sind. — Hinsichtlich des Gebrauches der Aneroide zur Messung von Höhenunterschieden ist es wichtig, das Trägheitsmoment der einzelnen Instrumente zu kennen. Je rascher man sich von einer Höhenstufe in eine andre begibt, desto mehr Zeit braucht die Nadel, um sich dieser entsprechend richtig einzustellen; bei manchen Instrumenten geschieht dies erst nach 15 bis 30 Minuten.

Zur Kontrolle der Aneroidablesungen leistet auch das Kochthermometer vorzügliche Dienste, und es darf in seiner heutigen zweckmäfsigen Gestalt bei keiner Expeditionsausrüstung fehlen. So wichtig das Quecksilberbarometer ist, ist es doch bei langen geologischen Wanderungen schwierig zu transportieren; man mufs stets auf seinen Verlust gefafst sein und daher auch neben demselben noch die Dreizahl der Aneroide beibehalten.

Die Stationsbarometer, welche der Reisende entweder an Bord oder auf der Hauptstation zurückläfst, um periodisch die anderen Instrumente mit ihnen zu vergleichen, lasse ich hier aufser acht, da sie nicht zur eigentlich geologischen Ausrüstung gehören.

Der Gebrauch des Aneroids wird wesentlich vervollständigt durch ein Horizontglas, eine ungefähr 20 cm lange Röhre, an deren einem Ende sich ein kleines rundes Visier befindet, während am anderen in der Mitte der Öffnung ein Faden gespannt ist. Durch eine prismatische Vorrichtung sieht man, wenn das Instrument genau horizontal steht und der Faden ebenso gerichtet ist, eine in einer kleinen Libelle befindliche Luftblase, sobald sie in der Mitte steht, von einem zweiten, am Prisma angebrachten Faden durchschnitten. Der erste Faden bezeichnet alsdann den Horizont. Beobachtet man nun von einem Punkt, dessen Höhe das Aneroid anzeigt, den Horizont ringsum, so lassen sich manche geologisch interessante Niveauverhältnisse sofort erkennen. Bei einem mehrgipfeligen Gebirge z. B. kann man, wenn man einen Gipfel bestiegen hat, die Höhe der anderen annähernd durch Schätzung bestimmen, wenn man beobachtet, wo die Horizontlinie sie schneidet. Das sehr nützliche Instrument wird von der Firma R. Fuefs in Steglitz bei Berlin angefertigt.

Thermometer führt selbstverständlich der Reisende in Mehrzahl mit sich. Aufser der Temperatur von Quellen, insbesondere Thermen, sollte man damit diejenige des Wassers in sehr tiefen Brunnen fleifsig bestimmen, da sie sich der mittleren Temperatur des Ortes hinreichend nähert, um diese annähernd festzustellen. Schleuder-, Aspirations- und Strahlungsthermometer, Hygrometer und andere für metereologische Arbeit dienende Instrumente bedürfen hier nur der Erwähnung.

Der Geolog braucht notwendig eine aus starkem Leder fest genähte Tasche, die an einem über die Schulter geschlungenen Riemen an der Seite getragen und nicht, wie Rucksack und andere Sachen, den Trägern oder Führern übergeben wird. Er findet sich von diesen häufig isoliert und mufs Fundstücke von Gesteinen wenigstens streckenweise selbst zu transportieren bereit sein, aufserdem aber die Instrumente, ein Skizzenbuch und Merkbuch stets zur Hand haben. Auch darf es nie an einer Quantität weichen Packpapieres fehlen, um vorkommendenfalls eine Menge von Steinen hineinzuwickeln. Hinsichtlich der Form der

Notizbücher hat jeder seine Liebhaberei; doch sollte der Geolog ein möglichst einfaches Merkbuch stets in der Rocktasche bei sich tragen, um es jederzeit zu rohen Aufzeichnungen und flüchtigen Bemerkungen zur Hand zu haben. Ein Format von 18×11 cm ist für das Einzeichnen von Skizzen zweckdienlich [1].

Die mit Hilfe dieses Werkzeuges ausgeführten Messungen und gesammelten Gesteinproben und sämtliche vorläufig aufgezeichneten Beobachtungen geben das Material, um am Abend jeden Tages das Tagebuch mit Gewissenhaftigkeit und Ausführlichkeit mittels Feder und Tinte niederzuschreiben; zugleich werden die geologischen Skizzen mit mehr Sorgfalt ausgeführt. Das Tagebuch sollte in Grofs-Oktav oder Quartformat sein. Bei Einzeichnungen wird es Jedem zustatten kommen, farbige Stifte mit sich zu führen, um sie für geologische Unterscheidungen sofort anzuwenden. Auch ein Farbenkasten ist erforderlich, um die Verbreitung einzelner Formationen gleich auf der Karte einzutragen.

Von gröfster Bedeutung ist auch für den Geologen heutzutage der photographische Apparat, über dessen Gebrauch ein anderer Teil dieses Buches Aufschlufs gibt. Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt und Durchsichtigkeitsgrad der Atmosphäre in dem zu bereisenden Lande sind zu berücksichtigen. Wesentlich für die wissenschaftliche Verwertung der Aufnahmen ist die Wahl der zu photographierenden Gegenstände und des jedesmaligen Standpunktes. Dies wird von der Geschicklichkeit des Einzelnen abhängen. Nicht genug kann empfohlen werden, für geologische Zwecke stereoskopische Bilder anzufertigen, da sie den Vorteil bieten, das Mafs des Vor- und Hintereinander der Gegenstände abzuschätzen, und dadurch die Anschaulichkeit ungemein zu erhöhen geeignet sind. Nach neueren Erfahrungen hat sich auch die Arbeit mit dem Tele-Objektiv für manche Gegenstände, z. B. nicht erreichbare Gletscher, vorzüglich bewährt.

---

[1]) Den kleinen Wink möchte ich auch an dieser Stelle wieder hinzufügen, dafs der Geologe stets einen guten langen Bleistift an einer um den Hals geschlungenen Schnur befestigt trage, weit genug herabhängend, um ihn mit Bequemlichkeit zu gebrauchen. Fortdauerndes Notieren ist das Wesen genauer geologischer Aufnahmen, und vielfache Erfahrung hat mir gezeigt, dafs man mehr als doppelt so viel einschreibt, wenn man den Bleistift bei der Hand hat. Ist die Mühe, ihn anderswo hervorzuholen, noch so gering, so ist dies doch hinreichend, um oft einen Aufschub und dadurch eine Vernachlässigung des Vermerkes zu veranlassen. Ein einziges Wort, kaum leserlich in das Merkbuch geschrieben, ist häufig hinreichend, um am Abend im Tagebuch zu einer längeren Beschreibung ausgesponnen zu werden, deren Abwesenheit man später sehr empfinden würde.

Dies ist alles, was der Geolog notwendig braucht. Je nach Bedürfnis wird mancher noch mehr mit sich führen. Wer darauf ausgeht, an Orten, von denen das Vorkommen von Versteinerungen bekannt ist, gröfsere Sammlungen anzulegen, der wird aufser dem genannten schweren Hammer eine Keilhaue, einige Meifsel und andere Instrumente mitnehmen. Wer beabsichtigt, an Ort und Stelle Untersuchungen von Mineralien und Erzen auszuführen, der belastet sich vielleicht mit einem Lötrohrapparat, Mikroskop und Reagenzkasten, wird aber davon nur dann Gebrauch machen können, wenn er an einzelnen Orten längeren Aufenthalt nimmt. Wer im Schwemmland und im Boden abflufsloser Becken sehr genaue Untersuchungen ausführen will, wird gut tun, einen Erdbohrer bei sich zu haben. Will man geologische Karten anfertigen, und mufs man dazu auch die topographische Grundlage selbst konstruieren, so hat man alles mitzunehmen, was dazu gehört. Auch sollte man sich Übung im landschaftlichen Skizzieren zu erwerben suchen. Zeichnungen, welche das Wesentliche wiedergeben und das Unwesentliche fortlassen, haben häufig grofse Vorzüge vor der Photographie.

Ein nicht unwichtiger Teil der allgemeinen Ausrüstung betrifft K a r t e n und B ü c h e r. Von Karten sollte der Reisende, der nur einigermafsen geologisch zu beobachten gedenkt, das Beste mitnehmen, was von dem betreffenden Lande vorhanden ist, und fortwährend bei sich führen, um Einzeichnungen zu machen und sich über den weiteren Verlauf der Flüsse und Gebirge, welche er sieht, zu orientieren. Die Bücher teilen sich in zwei Klassen. Einerseits besitzt der Reisende eine Bibliothek, die er an Bord oder an Orten, wo er sich länger aufhält, mit Mufse studiert. Hier wird der Laie seine geologischen Lehrbücher, der Geolog von Fach seine Nachschlagewerke haben. Auf Reisen im Inneren eines Landes aber sollte man sich möglichst beschränken. Gibt es bereits Abhandlungen über die Geologie desselben, so sollte man sie mit sich führen. Aufserdem genügt ein kurzes Kompendium, in dem man zeitweise sein Gedächtnis auffrischen kann. Zum Studium ist in der Regel keine Zeit, und der Laie mühe sich nicht damit ab, unterwegs nach Beschreibungen Gebirgsarten kennen lernen oder bestimmen zu wollen; er würde sicher auf Irrwege geraten. Wer vorher die gewöhnlichen Gebirgsarten nicht zu unterscheiden weifs, der kann es unter solchen Verhältnissen aus dem besten Buch nicht lernen und handelt weit richtiger, keine Namen anzuwenden.

Empfehlenswerte Bücher in deutscher Sprache:

M. Neumayr, Erdgeschichte; 2 Bände, Wien 1886. Der anregenden Schreibweise wegen zur Einführung in das Studium der „Geologie“ im weitesten Sinn sehr geeignet. Die 2. Auflage (Wien 1895) ist von Victor Uhlig im Sinn des ersten Verfassers vielfach neu bearbeitet.

A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2 Bände, Stuttgart 1894; ein grundlegendes Handbuch für die Wissenschaft von den Formgebilden des Erdbodens. Eine neue Auflage ist in Vorbereitung.

Al. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 3. Auflage, Leipzig 1903; ein Meisterwerk, in welchem die Probleme des Gesamtgebietes der physischen Geographie selbständig und mit eindringender Kenntnis der Gegenstände behandelt sind.

H. Credner, Elemente der Geologie; 9. Auflage, Leipzig 1902. Vollständigstes Kompendium dieser Wissenschaft in deutscher Sprache, durch klaren und knappen Ausdruck ausgezeichnet.

Em. Kayser, Lehrbuch der Geologie, 2 Bände (1. Allgemeine Geologie; 2. Formationskunde), Stuttgart 1891, 1893. Kann an Stelle des vorgenannten gebraucht werden. Eine neue Auflage ist in Vorbereitung.

H. Wagner, Lehrbuch der Geographie, Band I: Allgemeine Erdkunde, Hannover 1903. Es gehört hierher eigentlich nur der Abschnitt „Das Festland“ (Buch II, Kapitel II, S. 269—450. Wer aber in die Erdkunde allgemeiner einzudringen wünscht, findet in diesem unübertroffenen Lehrbuch zweckmäfsigste Anleitung.

Ed. Brückner, Die feste Erdrinde und ihre Formen, Wien 1897; erschien als Band II der 5. Auflage der „Allgemeinen Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny“.

Joh. Walther, Vorschule der Geologie; gemeinverständliche Einführung und Anleitung zu Beobachtungen in der Heimat, Jena 1905. Für elementare Einführung sehr zu empfehlen; ausgezeichnet durch praktische Ratschläge und erläuternde Zeichnungen.

Der vom Verfasser herausgegebene „Führer für Forschungsreisende“ wurde bereits oben (S. 204) erwähnt. Eine vortreffliche Anleitung für die Mitglieder der deutschen geologischen Landesanstalten zur praktischen Arbeit bei genauen Aufnahmen hat Dr. K. Keilhack in seinem „Lehrbuch der praktischen Geologie“, Stuttgart 1896, gegeben. Den gleichen Zweck für die englischen Geologen verfolgt in mehr elementarer Weise das Werk von Sir Archibald Geikie, *Outlines of Field Geology.* — Die Literatur in englischer und französischer Sprache ist umfassend und von grofser Bedeutung. Es genügt, Namen wie de Lapparent, Sir Arch. Geikie, William M. Davis und Tarr zu nennen.

Methode geologischer Reisen. — Der Geolog reist unter allen Umständen am besten allein, oder höchstens (natürlich abgesehen von der einheimischen Dienerschaft) mit einem Begleiter, welcher nicht einem bestimmten Zweig der Wissenschaft nachgeht, sondern vielmehr dazu da

ist, Aufsicht über Leute und Gepäck auszuüben, gelegentlich den Packzug auf einem von dem des Reisenden abweichenden Weg zu führen, die Küche mit Wildpret versorgt zu halten, die Neugier der Eingeborenen zu befriedigen, während der Reisende seine Arbeiten ausführt, usw., und sich für geologische Hilfsarbeiten, wie das Sammeln von Versteinerungen, das Schlagen von Formatstücken usw., anleiten läfst. Jeder Reisende, welcher selbständigen Zielen nachgeht, sei er Botaniker, oder Entomolog, oder Ethnograph, oder Kaufmann, hindert den Geologen und wird von ihm gehindert, da jeder anderer Bedingungen für die Orte, an denen ihm ein Aufenthalt wünschenswert erscheint, bedarf. Selbst ein geistig ebenbürtiger, dem Willen des Reisenden sich unterordnender Gesellschafter ist kaum anzuraten, da man dann nicht die nötige Zeit auf Ausarbeitungen zu verwenden imstande ist. Der Geolog aber hat beim Reisen nicht einen Augenblick Zeit, müfsig zu sein. — Diese Vorschriften gelten für den Fachmann in strengster Weise und haben allerdings weit weniger Anwendung für denjenigen, welcher Geologie als Nebenbeschäftigung treibt. Doch gilt für alle reisenden Naturforscher die Empfehlung, allein oder in sehr kleinen Gesellschaften zu reisen. Botaniker und Zoolog kommen gut zusammen aus, da das Verbleiben an Standquartieren in der freien Natur für sie wichtiger ist als das stete Vorwärtsbewegen. Auch der Ethnograph und der Statistiker mögen zusammengehen, da beide ihr Material an bevölkerten Ortschaften finden. Mit dem Geologen kann derjenige am besten reisen, welcher topographische Karten anfertigt und gelegentlich geographische Ortsbestimmungen ausführt. Daher auch kann dieser am besten geologische Studien mit den seinigen vereinigen. Je vielseitiger grofse wissenschaftliche Landexpeditionen mit zahlreichem Personal sind, desto ungünstiger gestaltet sich in der Regel das Verhältnis der aufgewendeten Mittel zu dem zu erwartenden Erfolg. Man hindert sich gegenseitig, man hält einander auf und reifst einander fort; viel Zeit wird vergeudet, und sehr selten hat ein Mitglied Gelegenheit, seine Kräfte zur vollen Geltung zu bringen. Solche Expeditionen werden in Hindernissen geboren und wachsen in ihnen fort; nur wenige sind mit grofsem Erfolg gekrönt gewesen.

Der Geolog mufs, wo immer er mitten in einem Beobachtungsgebiet ist, möglichst viel zu Fufs gehen. Unter den Beförderungsmitteln ist der Gebrauch des Wagens wenig zu empfehlen, da man dadurch an die Fahrstrafsen gebunden ist, welche das geologisch interessante Bergland ge-

wöhnlich vermeiden. Tragstühle sind nur dann anzuraten, wenn man ihrer als eines Standeskennzeichens bedarf, sie aber möglichst wenig benützt. Am zweckmäfsigsten ist das Reisen zu Pferde oder Maultier, da man damit an bequeme Wege nicht gebunden ist und ein Mittel zu Seitenausflügen stets zur Hand hat; man kann reitend über ebenen Boden schnell hinwegkommen, dagegen das Tier führen lassen, sowie man Bergland betritt und dann als Geolog der Fufswanderung selbstverständlich den Vorzug gibt. Stromfahrten sind unbefriedigend, da man vom Boot zu wenig Aussicht hat und im besten Fall den Gebirgsbau nur entlang einer Linie kennen lernt. Bei der Fahrt stromaufwärts kann man viel zu Fufs gehen, aber stromabwärts eilt man im Flug an den interessantesten Stellen vorbei, und gerade in Felsengen, wo die Aufschlüsse am reichsten sind, hat man selten Gelegenheit, an den für die Beobachtung zweckmäfsigsten Orten anzulegen. Ist man an ihnen vorbei, so ist die Gelegenheit, sie zu sehen, unwiederbringlich verloren.

Das Reiten auf Kamelen ist in einigen Gegenden, die Beförderung auf Elefanten in anderen Ländern nicht zu vermeiden. Wo auf weite Strecken ein Wechsel nicht eintritt, wie in Steppen und Wüsten, oder wo endlose Vegetation jede Möglichkeit eines Aufschlusses verschliefst, sind beide Methoden als Transportmittel zweckdienlich. Wenn aber das Auge einen der Beobachtung werten Gegenstand erspäht, verläfst man den hohen Sitz auf dem Tier mit ungleich gröfserem Widerstreben und längerem Aufenthalt, als wenn man sich des Pferdes oder Maultieres bedient. Man sollte, wo immer sich Aufschlüsse darzubieten scheinen, selbst in den Ländern des Kamels und des Elefanten, so viel als möglich wandern.

Sammeln geologischer Gegenstände. — Die Gegenstände, welche gesammelt werden sollten, lassen sich von praktischem Gesichtspunkt einteilen in: Gesteine, Erden, Versteinerungen und Mineralien.

Die Sammlung von G e s t e i n e n oder G e b i r g s a r t e n ist die wichtigste, um einen allgemeinen Überblick des Baues der betreffenden Gegend möglich zu machen. Die Art ihrer Anlegung richtet sich nach dem Grad der geologischen Ausbildung, welche der Reisende besitzt. Als das Vollkommenste kann man eine Reihenfolge guter Handstücke von regelrechtem Format betrachten, die ein namhafter Geolog nach eigener Auswahl selbst geschlagen hat, und die ihm dann als Grundlage einer Ausarbeitung dienen, in welcher er das, was in der Sammlung fehlt, durch deutliche Beschreibungen ergänzt. Unter regelrechtem Format versteht man Stücke von ungefähr 10—12 cm Länge, 7—9 cm Breite und 1—2 cm Dicke; g u t e H a n d s t ü c k e m ü s s e n a l l s e i t i g e i n e n

frisch geschlagenen Bruch haben. Wer Spezialuntersuchungen eines kleinen Gebietes ausführt, bemühe sich, auch in bezug auf äußere Ausstattung das Vollendetste zu leisten und jede Beobachtung durch Musterstücke zu belegen. Von demjenigen jedoch, welcher weite Erdräume durchstreift, ist nicht zu verlangen, daſs er dieses Ziel in einer auch nur annähernd vollkommenen Weise erreiche; und so sehr es anzuerkennen ist, wenn er dort, wo er Zeit dazu hat, auch einige Mühe auf äuſseres Aussehen verwendet, so würde es doch ganz fehlerhaft sein, zu sehr darauf zu achten und manche Stücke deshalb nicht mitzunehmen, weil sie den genannten Anforderungen nicht entsprechen. Eine kleine vorspringende Ecke, die man gelegentlich von einem Fels abgeschlagen und mitgenommen hat, ist nachher oft mehr wert als ein Dutzend mühsam in die regelrechte Form gebrachter Stücke. Der Dilettant, vorausgesetzt daſs er geologische Untersuchungen zu einer Hauptbeschäftigung auf seiner Reise wählt, ist in der eigentümlichen Lage, daſs er mehr sammeln muſs als der Geologe von Fach, deshalb, weil er die Nomenklatur und Beschreibung nicht so beherrscht wie dieser und seine Angaben erst durch Belegstücke Zuverlässigkeit erlangen. Um sich nicht zu sehr zu belasten, sollte er, beispielsweise bei dem Übergang über ein Gebirge, mit Sorgfalt kleine, frisch gebrochene Scheiben oder Würfel der einzelnen Gesteine sammeln, denen er begegnet, sie sofort numerieren und in Papier wickeln, und entsprechende Nummern mit Bemerkungen über die Art des Auftretens an Ort und Stelle in das Rohbuch eintragen. Damit ist aber nicht gesagt, daſs er, wie es viele tun, hin und wieder ein beliebiges Stück Stein von der Straſse aufheben und nach Hause bringen solle; das würde nur nutzlosen Ballast ergeben. Sondern jedes Bruchstück muſs von anstehendem Gestein entnommen, vom Fels selbst losgeschlagen sein; der Reisende muſs wissen, weshalb er es mitgenommen hat, und es muſs durchaus wenigstens eine frische Bruchfläche haben. Neben dieser kleinen, unter allen Umständen leicht zu transportierenden Sammlung, welche den Weg des Reisenden illustriert, sollte er dann eine zweite von guten Handstücken anlegen, zu der er den längeren Aufenthalt an interessanten und geographisch gut bestimmten Örtlichkeiten ebenso wie eine kurze gelegentliche Rast am Wege benutzt.

Was die Erden und lockeren Bodenarten überhaupt betrifft, so empfiehlt es sich, zunächst die Anschwemmungen von Flüssen zu sammeln. Die Dammerde ist durch Kultur verändert; besser sind Proben von Steilabbrüchen an Fluſsufern, wenigstens 60 cm unter der Oberfläche entnommen. Auſserdem sollte man die aus der Zersetzung von Gesteinen hervorgehenden sowie alle technisch verwendeten Erden, Töpfertone, Porzellantone, Pfeifentone und die aus ihnen gewonnenen Produkte sammeln; ferner die Polierschiefer, überhaupt kieselige Erden, und die Absätze aus heiſsen Quellen. Bei Porzellantonen kommt es darauf an, die verschiedenen angewendeten Arten von Material vollständig zu haben. In vulkanischen Gegenden ist Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Tuffe und die Schlammabsätze zu verwenden. Wer in den Tropen reist, der sollte nicht versäumen, den Laterit[1])

[1]) S. in einem späteren Abschnitt.

in seinem Vorkommen zu untersuchen und Proben von verschiedenen Orten mitzunehmen. Auch den Sanden ist Aufmerksamkeit zu widmen. An Meeresküsten sind die durch die Brandungswelle aufbereiteten Sande in der Nähe von unterem und oberem Ebbeniveau, gesondert von den äolisch zusammengehäuften Sanden über dem Ebbestrand, zu sammeln. Ebenso sind die durch örtliches Zusammenschwemmen schwerer Mineralien bezeichneten Sande getrennt zu behandeln. In abflufslosen Gebieten sind neben Sanden und Tonen besonders die aus dem Boden ausblühenden oder bei dem Eindampfen von Seen zurückbleibenden Salze zu berücksichtigen. — Zur Aufbewahrung von Erden empfehlen sich die Büchsen von verzinntem Eisenblech, in welchen man stets einen Teil des Proviantes mit sich führt. Bei solchen Erden, die eine Struktur haben, wie der Löfs, sollte man solide Stücke von der Gestalt der Büchse schneiden und sie, in ihrer natürlichen Lage, hineintun, wobei die Bezeichnung „oben“ nicht zu vergessen ist.

Wenn die Gesteinssammlung für den allgemeinen Überblick besonders wichtig ist, so ist es diejenige von Versteinerungen zur genauen Bestimmung des Alters der Formationen. Kein Reisender sollte unterlassen, auf sie ein ganz besonderes Augenmerk zu richten. Selbst wenn er gar keine Gesteine sammelt, darf er keine Gelegenheit vorübergehen lassen, um Fossilien in möglichster Reichhaltigkeit mitzubringen. Denn wenn man das Glück hat, eine noch unerforschte Gegend zu betreten, so bleibt sie, wenn sie nicht vielleicht aus vulkanischen Gesteinen oder Schwemmland besteht, unverständlich, solange man nicht imstande ist, durch die Bestimmung des geologischen Alters einzelner Formationen Licht über das Ganze zu verbreiten. Wer diese erste Aufgabe löst, dem wird der Dank des Fachmannes die darauf gewendete Mühe reichlich lohnen. Das Auffinden von Versteinerungen erfordert allerdings Übung, und es lassen sich nicht leicht bestimmte Regeln angeben. Nur einige wenige Fälle mögen hier erwähnt werden.

Alle mit kristallinischen Schiefern wechsellagernden Gesteine sind im allgemeinen als versteinerungslos zu betrachten. Gelingt es, darin etwas zu finden, so wird der Wert um so gröfser sein. — Reiner Kalkstein ist gewöhnlich arm an deutlichen Versteinerungen, und sind sie vorhanden, so ist es schwer, sie zu sammeln. Sie sind aber stets wichtig und in hervorragendem Grade zu beachten. Insbesondere kommen in reinen Kalksteinen Brachiopoden, Cephalopoden, Crinoideen, Korallen und Foraminiferen vor. Vor allem sind solche Steinbrüche zu berücksichtigen, in denen Kalkstein zum Brennen gewonnen wird. Die Abänderungen, welche man dazu verwendet, sind häufig voll Versteinerungen, welche, sonst schwer zu erhalten, durch die Steinbruchsarbeit blofsgelegt werden. Wird der Kalkstein bituminös oder mergelig, oder geht er in Mergelschiefer oder in tonige Schiefer mit Kalkknauern über, so wird man in der Regel einige, und zuweilen eine reiche Ausbeute haben. Dies gilt auch für den Fall, dafs Kalkstein und Schiefer wechsellagern. — In reinen Quarzsandsteinen oder dickbankigen roten tonigen Sandsteinen wird man meist vergebens nach Versteinerungen suchen. Werden sie aber mit dem Tongehalt dünnschichtig, mit glimmerigen Absonderungsflächen, so stellen sich zuweilen Reste von Zweischalern und

Pflanzen ein. Weit günstiger ist der Übergang in tonigsandige Schiefer und reine Schiefertone einerseits und Kalksandsteine anderseits. — Wo Steinkohlenflöze vorkommen, da gibt es fast immer etwas zu sammeln; gewöhnlich sind es Abdrücke von Pflanzen in den begleitenden Kohlenschiefern, bei deren Sammlung besondere Vorsicht in der Konservierung notwendig ist. Oft auch kommen tierische Versteinerungen in den Schichten über oder unter der Kohle vor. Hier ist das Sammeln besonders wichtig, um festzustellen, welchem Alter die Kohle angehört. — Tuffschichten, seien sie untermeerisch oder in Süfswasser abgelagert, der Tertiärperiode angehörig oder von höherem Alter, enthalten fast stets stellenweise gröfsere Anhäufungen von Versteinerungen.

Man kann von Versteinerungen niemals zu viel sammeln. Wo sie in Masse vorkommen, sollte man von jeder Form die am besten erhaltenen Stücke aussuchen, wo es nur wenige gibt, die unvollkommenen Exemplare nicht verachten; denn ein kleines Bruchstück kann oft einen Anhalt von gröfserem Wert geben als von einem anderen Ort eine Sammlung der besten Exemplare. Sind die Organismen in festem Gestein eingeschlossen, so gebe man sich auf der Reise keine Mühe, sie herauszulösen, da dies weit vollkommener mit besonderen Instrumenten im Laboratorium seitens der das Material bearbeitenden Paläontologen geschieht.

Mineralien hat der Reisende, welcher nicht Fachmann ist, selten Gelegenheit zu sammeln. Die unscheinbaren, welche zuweilen grofsen Wert haben würden, fallen ihm nicht auf, und berücksichtigt er die schön kristallisierten, so kann es ihm leicht geschehen, dafs er sich aus Unkenntnis mit Sachen von geringem Wert beschwert. Allerdings gibt es Ausnahmen. Besonders werden schön kristallisierte Erze, die man in Bergwerksgegenden zuweilen bekommt, in der Regel geschätzt werden. Nutzbare Mineralien, als Kohle, Eisenerze, Graphit usw., sind natürlich stets mit Aufmerksamkeit zu sammeln.

Einzelne speziellere Winke zum Sammeln werden sich im weiteren ergeben. Es erübrigt, an dieser Stelle noch auf die fernere Behandlung hinzuweisen. Vor allem ist zu bemerken, dafs ein Gesteinsstück vollkommen wertlos ist, wenn man den Ort, von dem es stammt, nicht ganz genau kennt, bei Versteinerungen aber mindestens die Gegend ihres Ursprungs angegeben sein mufs und jedes genauere Detail erwünscht ist. Die Versteinerungen verschiedener Schichtenkomplexe oder verschiedener Teile desselben Komplexes müssen sorgfältig auseinandergehalten werden. Zu jedem Stück, sowie man es in Papier wickelt, sollte sofort, wenn es möglich ist, die Fundstelle oder, wenn diese schwer definierbar ist, Stunde und Tag des Sammelns, oder wenigstens eine die Reihenfolge an dem betreffenden Tage bezeichnende Nummer geschrieben werden. Kommt man abends in das Quartier oder Lager, so wird zu jedem Gesteinsstück ein Zettel geschrieben, auf dem man oben das Land oder die Provinz, darunter die Richtung und Entfernung des Fundortes von einem auf der Karte verzeichneten Ort, und dann Bemerkungen über die Örtlichkeit selbst angibt. Jede weitere Notiz ist später von Nutzen. Unten wird das Datum vermerkt, an dem das Stück gesammelt wurde, damit man sofort das Tagebuch um Information nachschlagen kann, und endlich der Namenszug des Sammlers; also z. B.:

Da sich der Zettel zerreibt, wenn er auf den Stein zu liegen kommt, so wird er in das erste zum Einwickeln des Gesteins verwendete Blatt Papier eingeschlagen. Drei halbe Bogen weichen Papiers sind bei einem gewöhnlichen Handstück zum Verpacken hinreichend. Die so eingewickelten Gesteinsstücke

Java.
Residentie: Preanger Regentschaften.

Bandong 22 km NNW.

Südabhang des Vulkans Tankuban Prahu. — 1 Stunde von Lembang, am Weg nach dem Gipfel. Bildet das untere Ende eines Lavastromes.

1. 6. 1887. M. N.

müssen nun so untergebracht werden, dafs sie fest liegen[1]). Bei Expeditionen, bei welchen mehrere beteiligt sind, ist es wünschenswert, die Proben zu numerieren und in Registern fortlaufend einzutragen. Der einzelne braucht sich dieser Mühe nicht zu unterziehen.

Sollte es dem Reisenden einmal geschehen, dafs er die hier angegebenen Regeln vernachlässigt und bei einigen Stücken nicht mehr genau den Fundort weifs, so sollte er sie, mit Ausnahme der Versteinerungen, ohne weiteres wegwerfen, da sie nutzlos sind.

Geologische Aufschlüsse. — Die für die geologische Beobachtung mafsgebenden, oben (S. 207) angeführten Gesichtspunkte lassen sich, nach Ausschlufs der Oberflächenformen, in den zwei grofsen Abschnitten: Gebirgsbau und Geologische Vorgänge zusammenfassen. Der Gebirgsbau ergibt sich aus der sorgfältigen Beobachtung der geologischen Aufschlüsse. Einen geologischen Aufschlufs gewährt jede Stelle, an der man das an der Zusammensetzung einer Gegend teilnehmende Gestein beobachten kann, und er ist um so vollständiger, in je gröfserer Entwicklung in horizontalem oder vertikalem Sinn das Gestein blofsgelegt ist oder sich durch Schlufsfolgerungen feststellen läfst. Die Oberfläche des Bodens, wo sie nicht aus dicker Ackerkrume besteht, ein Graben, ein Steinbruch, die Seiten eines Flufsbettes, die Runsen und Tobel in Gebirgen, jeder anstehende Fels und jedes an die Oberfläche kommende weichere Schichtgestein geben mehr oder weniger vollkommene Aufschlüsse. Der Reisende, welcher sie bei dem Betreten einer fernen Gegend verfolgt, findet dort Sandsteine, Kalksteine, verschiedene Arten von Schiefern, Granit, Sand, Alluvialabsätze

[1]) Die Gesteine sind nun zum Versenden bereit: Sind deren genug vorhanden, so werden sie in eine Kiste gepackt, in welcher sich unten eine dünne Lage Heu befindet. Die einzelnen Päckchen werden dann, wie beim Packen von Büchern, in Reihen aufrecht nebeneinandergestellt und fest eingezwängt. Je fester sie liegen, desto besser werden sie die Erschütterungen überstehen, denen sie weiterhin unterworfen sind. Zartere Gegenstände werden mit Baumwolle belegt, ehe sie in Papier gewickelt werden, und gesondert in Schachteln, verzinnte Blechbüchsen und Kistchen gepackt.

usw. in ähnlicher Ausbildung, wie er sie in anderen Ländern gesehen hat. Aber ihre Anordnung ist überall verschieden, und erst wenn man diese mit Klarheit erkannt hat, kann man daran gehen, Vergleichungen mit anderen Gegenden auszuführen. Das erste Ziel der Untersuchung ist die Erkenntnis der Art und Weise, wie die einzelnen Gesteine im Alter aufeinder folgen. Die darauf bezüglichen Schlufsfolgerungen bauen sich nach und nach aus Einzelbeobachtungen auf, deren jede Licht in das Chaos bringt, in welchem uns anfangs die vielen verschiedenen Gesteine und Erden entgegentreten. Das zweite Ziel, dessen Erreichung gleichzeitig angestrebt und herbeigeführt wird, ist die Erkenntnis der Art, in welcher die Gesteine zu Gebirgen zusammengefügt sind oder Einsenkungen ausfüllen. Es gibt Gegenden, wo grofse Gleichförmigkeit über weite Strecken herrscht. Aber keine ist von so geringem Interesse, um nicht Stoff zu Beobachtungen zu bieten. Häufig hängt die Erlangung von Aufschlüssen von dem Willen des Reisenden und der Geschicklichkeit in der Wahl seiner Wege ab; denn anstatt das zufällige Begegnen solcher Stellen, welche zur Beobachtung geeignet sind, abzuwarten, mufs er dieselben aufsuchen und seine Pläne demgemäfs einrichten. Dazu gehört vor allem, dafs er die Gebirge des Landes an möglichst vielen Stellen quer zu überschreiten trachtet, oder wenigstens von Tälern aus quer zur allgemeinen Streichrichtung Ausflüge nach den Kämmen unternimmt, wogegen Reisen in Tälern und überhaupt parallel zum Streichen, soviel es geht, zu vermeiden sind; sie sind in der Regel ohne Nutzen für geologische Erforschung. Bekommt man mehrere Querschnitte desselben Gebirges, so ergänzt einer den andern, und man wird sich bald ein annähernd richtiges Bild von dem Gesamtbau machen, während die innere Struktur ganz verborgen bleibt, wenn man die Gesteine von seinem Fufs noch so genau kennt, der Rest aber unbekannt ist. Die Mühe und Kosten der angegebenen Art der Bereisung sind viel bedeutender, als wenn man auf bequemen Strafsen in den Tälern herumfährt; aber man wird reichlich belohnt, nicht nur durch die geologischen Aufschlüsse, sondern auch durch den Genufs, welcher in Gebirgswanderungen liegt, durch den Überblick des Landes, den man von den Höhen erhält und der zur Kartenzeichnung wichtiges Material gibt, durch die Bereicherung der Kenntnis der hypsometrischen Verhältnisse der Gegend und durch die gleichzeitige Gelegenheit zum botanischen und zoologischen Sammeln. Ein Reisender, der die Gebirge nicht besucht, mag wohl die Leute kennen lernen, aber die Natur

des Landes bleibt ihm verborgen. Je mehr dies beherzigt worden ist, desto mehr haben berühmt gewordene Landreisen zur Bereicherung der naturwissenschaftlichen Kenntnisse beigetragen. — Aber auch wo die Gelegenheit dazu nicht vorhanden und man auf grofse flächenhafte Landausbreitungen angewiesen ist, fehlt es nicht an Beobachtungsmaterial. Die Resultate häufen sich langsamer; aber um so weiter sind die Gesichtspunkte, von denen aus man dieselben nach Beendigung einer Reise überblickt. So geringen Wert man oft im Augenblick auf Beobachtungen in solchen Gegenden zu legen geneigt ist, sollte man doch auch in ihnen niemals ermüdet stillestehen. Jede Lücke macht sich bei der Rückkehr in empfindlicher Weise bemerkbar. Diese Bemerkungen gelten namentlich für so einförmige Erdräume wie die Binnenländer von Afrika und Australien. Wie sich aber gerade hier dem offenen Auge Probleme von grofser Tragweite darbieten, bezeugen die Arbeiten von Passarge und Bornhardt in Afrika. Wer dort reisen will, sollte sich in diesen Werken Belehrung über die Methode der Beobachtung holen.

Ein brauchbares Feld für geologische Beobachtung bieten alle Werke von Menschenhand, in denen Steine angewandt werden. In einer Gebirgsgegend könnte man aus dem Material, womit die Mauern und Häuser in Dörfern und Städten gebaut sind, eine fragmentarische geologische Karte konstruieren; denn wo die Verkehrsmittel unvollkommen sind, verwendet man zu diesen einfachen Bauwerken meist nur die Gesteine aus der unmittelbaren Nachbarschaft. Oft führt ihre Beobachtung zur unerwarteten Entdeckung einer Formation, die man vorher nicht anstehend sah, z. B. von Basalt, oder von Versteinerungen, deren Vorkommen sich vorher dem Blick entzog, oder man findet an ihnen das Wiederauftreten eines längst bekannten Gebildes, z. B. eines oolithischen Kalksteins, dessen genaue Einreihung als Formationsglied man genau kennen gelernt hat. Zu monumentalen Bauten wird das Gestein oft weiter herbeigeführt, und indem man die Lage des Steinbruches, welcher es liefert, erforscht, erweitert sich die Kenntnis von der Verbreitung der betreffenden Formation. Auch die Gerölle in Bächen müssen untersucht werden, da sie manchen Fingerzeig für den Bau des Gebirges geben, aus dem sie stammen. Grofse Vorsicht ist an solchen Orten notwendig, wo Seeschiffe anlegen. Begierig, einen Wink über das, was er zu erwarten hat, zu erhalten, untersucht der Geolog beim ersten Landen sofort die zu Uferbauten verwendeten oder lose umherliegenden Gesteine. Sie zeigen oft eine auffallende

Musterkarte; bei näherer Untersuchung aber ergibt es sich, daſs sie Schiffsballast sind, welcher aus verschiedenen Gegenden hergebracht wurde. Selbst der Schluſs, daſs Ballast, der eben ausgeladen wird, eine Andeutung über die an dem Ausgangspunkt des Schiffes auftretenden Formationen geben könnte, ist falsch; denn dort nahm man vielleicht solchen ein, welcher schon mehrere Male seinen Ablagerungsort wechselte.

Anfertigung geologischer Karten und Profile. — Die geologischen Verhältnisse lassen sich ebensowenig wie die Topographie einer Gegend durch Beschreibung klar und übersichtlich darstellen. Erst die Einzeichnung auf eine Karte ergibt ein deutliches Bild. Der Reisende sollte daher bestrebt sein, seine Beobachtungen so vollständig als möglich zu einem für Andere verständlichen Kartenbild zusammenzustellen. Einige Winke werden genügen, um zu dem Beginn der Arbeit anzuleiten; Fortschritte werden durch Übung schnell erreicht. Es möge zunächst vorausgesetzt werden, daſs hinreichend genaue topographische Karten des betreffenden Gebietes als Grundlage für die Einzeichnung vorhanden seien.

1. Das erste Ziel ist: die Eintragung der an dem Bau der Oberfläche teilnehmenden verschiedenen Gesteine, in genauem Abbild ihrer wirklichen räumlichen Verbreitung. Zur Bezeichnung der einzelnen Gesteine benutzt man in der Regel Farben; doch kann man sich auch verschiedener Signaturen in Bleistift oder Tusche bedienen. Die Eintragung ist ohne Mühe auszuführen, wo leicht unterscheidbare Gesteine an die Oberfläche unmittelbar und deutlich erkennbar herantreten, wo sie einzelne gröſsere Räume einnehmen und in einfachen Linien aneinander grenzen, und wo die topographische Karte eine Menge von Anhaltspunkten zur sicheren Einzeichnung gibt. Die Grenzlinien der Gesteine lassen sich dann so einfach und bestimmt eintragen, wie die Grenzmarken eines Feldes oder Waldes. Doch stellen sich in der Praxis bald eine Anzahl von Schwierigkeiten ein. — a) Die Gesteine sind manchmal durch ähnliche Charaktere verbunden und daher schwer voneinander zu unterscheiden; in anderen Fällen zeigen sie auf kleinem Raum eine entweder wirkliche oder auch nur scheinbare groſse Mannigfaltigkeit. Es treten dann bei dem Beobachter Bedenken darüber ein, was zusammenzufassen und was durch Farben zu trennen sei. Nur Übung vermag zur Unterscheidung der wesentlichen von den unwesentlichen Trennungsmerkmalen zu führen. Die Grenze zwischen beiden verschiebt sich je nach dem Maſsstab der Karte; denn bei kleinem Maſsstab verlangt es die Über-

sichtlichkeit, dafs gröfsere Gruppen zusammengefafst werden, als bei grofsem. Soweit Sedimentgesteine in Frage kommen, wird von deren Vereinigung in Gruppen unten die Rede sein. Doch möge hier betont werden, dafs, wo innerhalb einförmiger mächtiger Schichtenreihen eine, wenn auch geringe, so doch stetige, fremdartige, den Charakter unterbrechende Einlagerung auftritt, man sie sorgfältig angeben sollte, da sie als Horizont von Bedeutung sein kann: z. B. eine als fortlaufende Mauer auftretende quarzige oder kieselige Einlagerung in weicheren Gesteinen, oder eine weiche mergelige Einschaltung zwischen sehr mächtigen harten Kalksteinen. Eine einzige solche Schicht, welche dem Einschneiden der Gewässer minderen Widerstand entgegensetzt als die benachbarten, kann die Existenz und Lage einer Anzahl von Pafsübergängen in den Querjöchern eines Gebirgszuges bestimmen. — b) Eine andere Schwierigkeit entsteht dadurch, dafs die äufserste Oberfläche der Erde nur in seltenen Fällen aus deutlich erkennbarem anstehendem Gestein besteht. Dasselbe kann durch Verwitterung und Lockerung in einen Boden umgewandelt sein, welcher scheinbar keine Ähnlichkeit mehr mit dem Gestein, aus welchem er entstand, darbietet; es kann auch der Felsbau durch eine darüber gelagerte Decke eines fremdartigen Bodens verhüllt werden. Für den ersteren Fall gilt es (mit Ausnahme exakter Aufnahmen in sehr grofsem Mafsstab) als Prinzip, dem Verwitterungsboden die Signatur des unverwitterten Gesteins zu geben. Man kann durch Übung dahin gelangen, innerhalb solcher Gebiete, welche nur von jenem Boden eingenommen werden, ziemlich scharfe geologische Grenzen aufzufinden, indem man an einzelnen Aufschlufsstellen die äufserlichen Veränderungen beobachtet, welche die in Betracht kommenden Gesteine durch Verwitterung erfahren haben, und dann die geographische Verbreitung dieser Merkmale aufsucht. Rote, weifsliche, ockergelbe, graue oder schwärzliche Farben des Bodens, sandige oder tonige Beschaffenheit, ausschliefsliches Vorkommen kleinerer Bruchstücke von Kalkstein oder von Porphyr oder anderen Gesteinen, Durchsetzung des Bodens mit feinen Fragmenten glimmeriger Schiefergesteine — dies sind Merkmale, welche zur Erkennung der Verbreitung des dem Verwitterungsboden zugrunde liegenden Gesteins, und somit zur Bestimmung der auf der Karte anzuwendenden Farbe, führen können. Selbstverständlich müssen wenigstens an vereinzelten Stellen sichere Beweise des Zusammenhanges von Gestein und Boden gewonnen worden sein. Gröfsere Vollkommenheit und praktische Anwendbarkeit kann man der Darstellung geben, wenn man das Vorhanden-

sein des Verwitterungsbodens, seine besondere Beschaffenheit und seine Mächtigkeit durch Signaturen und Zahlen auf der Karte angibt, sofern dies ohne Beeinträchtigung der Deutlichkeit geschehen kann. — Anders ist die Behandlung solcher Bodenbedeckungen, welche von anderswo herzugeführt wurden und das Gestein verhüllen. Lagern sie in gröfserer Mächtigkeit, wie z. B. trocken gelegtes marines Schwemmland, oder Massenanhäufungen von Gletscherschutt, oder Alluvialland von Flüssen und Seen, oder gewaltige Decken von Tuff oder Löfs, so werden sie als besondere geologische Formationen behandelt und mit besonderen Farben angegeben. Ist die Decke gering, so dafs Gräben und flache Runsen vielfach das Gestein entblöfsen, so pflegt man sie auf geologischen Karten unberücksichtigt zu lassen und das unterlagernde Gestein so mit Farben darzustellen, als ob jene Decken nicht vorhanden wären. Der Mafsstab der Karte ist auch hier von nicht geringem Einflufs; je kleiner er ist, desto mehr sucht man den felsigen, seiner lockeren Hülle entblöfsten Grundbau darzustellen. Aber einerseits kann dies über eine gewisse Grenze hinaus nicht mit Sicherheit geschehen; andererseits fordern mächtige Deckgebilde das Recht der Angabe auf der Karte. Es erwachsen hieraus Schwierigkeiten für den Geübtesten. Der Reisende wird sie häufig in beirrender Weise empfinden. Doch darf er vor ihnen nicht erschrecken. Das Ziel, die Darstellung bis zu dem Grad, dafs die Klarheit nicht beeinträchtigt wird, vollständig zu machen, sollte leitend bleiben. — c) Eine dritte Schwierigkeit beruht auf der Unvollkommenheit der Aufschlüsse und der Lückenhaftigkeit der Beobachtung. Die Karte verlangt feste ausgezogene Grenzlinien zwischen den einzelnen Gesteinen. In Wirklichkeit kann man dieselben nicht abschreiten; die Beobachtung beschränkt sich in der Regel auf einzelne Punkte, wo zwei Gesteine aneinander stofsen; das Ausziehen der Linien gründet sich daher grofsenteils auf Interpolation, kann aber, wenn scharfsinnige Beobachtung sich auf die Aufgabe konzentriert, oft mit hohem Grad der Richtigkeit geschehen. Es ist dringend vor der von Manchen angewandten Methode zu warnen, nach welcher während der Reise nur die entlang dem Reiseweg beobachteten Formationen eingezeichnet werden, in der Absicht, die Grenzen zwischen ihnen später auszuziehen. Letzteres mufs vielmehr an Ort und Stelle geschehen; der Verlauf der Linien mufs eingetragen werden, soweit als die Aussicht gestattet, es mit annähernder Richtigkeit zu tun, und man lasse sich durch die Unmöglichkeit, die letztere absolut zu erreichen, nicht abhalten. Denn an Ort und Stelle hat man

noch Gelegenheit, die Linien mit möglichst wenigen Irrungen anzugeben; je länger man wartet, desto mehr schwindet die Klarheit der Erinnerung; und wer die Grenzen erst nach der Rückkehr von einer Reise auszieht, der läuft Gefahr, theoretrisch zu verfahren und sich von der Wirklichkeit zu entfernen. In einem Tal gibt man zunächst, soweit der Blick reicht, die Grenze der Ebene an, welche das Alluvium umfafst, dann sondert man die höher ansteigenden Stufen aus, welche vielleicht aus Schotterterrassen bestehen. Am Weg nach den Höhen erkennt man, ob sie bis an den Steilabhang des Gebirges reichen oder noch von ihm durch andere Gebilde getrennt werden. Besteht der Steilabhang aus Quarzporphyr oder Kalkstein, so verfolgt man seine untere Grenze genau und trägt sie auf der Karte ein. Dann folgen auf den Porphyr beispielsweise Schichten von rotem Sandstein, oder auf den Kalkstein solche von Schiefer. Der gute Beobachter erkennt sofort den Unterschied im Oberflächencharakter, den sie veranlassen, und zeichnet die Grenze, soweit sein Auge das Verhältnis übersehen kann. So wird man bald eine leicht zu verfolgende, bald eine ungemein schwierige Grenzlinie erreichen; aber jede mufs angegeben werden. Es empfiehlt sich, sicher festgestellte Grenzen mit festen, unsichere mit gestrichelten Linien darzustellen. Zugleich werden mit eingezeichneten Abkürzungen die Formationen angegeben, welche man ausscheidet. Nach wenigen Tagen wird die bereiste Strecke gemalt. Geht man über ein Gebirge, so werden die Farbenstreifen häufig einen unvollkommenen Parallelismus zeigen. Kehrt man später auf einem anderen Weg über dasselbe Gebirge zurück, so wird man wahrscheinlich einer annähernd gleichen Reihe derselben Formationen in umgekehrter Folge begegnen. Die Verbindung der Grenzlinien an beiden Orten kann ein richtiges, wenn auch nicht genaues Bild der Verteilung der Formationen in einer gröfseren Strecke geben und dadurch Befriedigung gewähren. Auf die Wahl der Farben kommt es bei den an Ort und Stelle gemachten Skizzen nicht an. Nur ist zu beachten, dafs jede Farbe eine Gesteinsart oder eine Schichtengruppe bezeichne, welche man glaubt als ein Formationsglied ausscheiden zu dürfen; man darf dabei nicht versäumen, an der Seite der Karte sofort einen Pinselstrich mit jeder Farbe zu machen und anzugeben, was mit ihr gemeint ist, vielleicht mit Hinweis auf Seite oder Tag im Tagebuch, wo die Formation beschrieben ist. Für jede Ausscheidung, wenn sie wiederkehrt, wird dieselbe Farbe wieder angewendet. Bald wird der Reisende Vergnügen daran finden, mit einem

Blick die durchreisten Formationen zu überschauen. Bei späterer Ausführung der Karten kann man eine Annäherung an das international vereinbarte Farbenschema erstreben; aber der Grad der Anpassung darf nur von Zweckmäfsigkeitsrücksichten geleitet werden. Insbesondere sollten die grofsen transgredierenden Formationen durch kräftig hervorleuchtende Farben ausgezeichnet werden; denn mit einer solchen Formation beginnt die Entwickelung eines ganz neuen geologischen Bildes auf dem Hintergrund eines anderen, mehr altertümlichen, meist halb verwischten und von anderen Anordnungsgesetzen beherrschten.

2. Das zweite Ziel ist die Darstellung des inneren Gebirgsbaues. Derselbe sollte für den Beschauer der Karte wenigstens annähernd so klar erkennbar sein, wie ihn der Beobachter wahrzunehmen glaubte. Sind die Lagerungsverhältnisse nicht angegeben, so bleibt in der grofsen Mehrzahl der Fälle die genaueste geologische Karte für den Blick des Geübtesten höchstens halbverständlich. Streichrichtung, Fallrichtung und Fallwinkel sind daher stets nach den Beobachtungen einzuzeichnen.

Man kann sich dabei gewisser Signaturen bedienen, indem man eine 4—10 mm lange gerade Linie in der Richtung des Streichens einträgt und durch einen an die Mitte derselben rechtwinklig angesetzten Pfeil die Richtung des Fallens bezeichnet; eine daneben gesetzte Ziffer gibt den Fallwinkel in Graden an. Der Ansatz des Pfeiles an die Streichungslinie mufs genau im Beobachtungspunkt liegen. Bei antiklinaler Lagerung (Schichtengewölbe oder Sattel) wird das beiderseitige Einfallen durch zwei von demselben Schnittpunkt mit der Streichungslinie ausgehende, einander entgegengesetzte Pfeile, bei synklinaler Lagerung (Schichtenmulde) durch zwei einander zugerichtete, ebenfalls durch die Streichungslinie getrennte Pfeile, stets mit Beisetzung der Fallwinkel, bezeichnet. Horizontale Lagerung wird durch zwei sich rechtwinklig kreuzende Linien angedeutet, senkrechtes Einfallen kann als ein Fallwinkel von 90° angegeben werden. Für wellenförmige oder zusammengefaltete Lagerung kann man beliebige Signaturen einführen. Es fehlt noch an einem allgemein gebräuchlichen Schema für dieselben, insbesondere für die Angabe von Überschiebungen, von Schuppenstruktur, von überkippter oder widersinniger Lagerung usw.

Ist auch das Lesen einer solcherart mit Bezeichnungen versehenen Karte ein Studium, so führt doch dieses zu einem genauen Einblick in den Gebirgsbau. Das Verständnis wird wesentlich erleichtert durch das Entwerfen von Profilzeichnungen. Um sie anzufertigen, denkt man sich einen senkrechten Durchschnitt, ungefähr rechtwinklig zur Streichrichtung der Schichten, durch einen Gebirgszug oder einen Teil eines solchen gelegt und sucht denselben so genau als möglich in der Linie des Durchschnitts zu verqueren. Die

vollkommenste Leistung würde darin bestehen, das durch die Durchschnittsebene sich ergebende Querprofil des Gebirgszuges in richtiger Gestalt, mit gleichem Verhältnis von Höhen und Längen zu konstruieren und die an der Oberfläche erscheinenden Gesteine nach ihrer wirklichen Mächtigkeit, in ihrer Fallrichtung und mit ihrem Fallwinkel einzutragen. Findet sich in der Natur ein tiefer Querschnitt durch das Gebirge, so kann man die Linien auf Grund tatsächlicher Beobachtung zu einem Gesamtbild der Struktur verlängern; doch ist man gewöhnlich darauf angewiesen, dies theoretisch zu tun; durch ausgezogene oder punktierte Linien sollte man auch hier unterscheiden, was beobachtet ist und was auf Schlufsfolgerung beruht. Da man zur Konstruktion genauer Profile selten Zeit hat, so begnügt man sich in der Regel mit ihrer schematischen Anfertigung. Durch sie kann die Darlegung der Strukturverhältnisse, wie der Beobachter sie auffafst, weit genauer geschehen, als durch die auf der Karte angebrachten Signaturen. Die letzteren werden dadurch ergänzt, aber keineswegs überflüssig gemacht.

Zu den Strukturverhältnissen, welche auf der Karte eingetragen werden müssen, gehören die Bruchlinien, wenn sie von Verwerfungen begleitet sind. Aus sehr genauen Karten ergeben sie sich dem Kenner zum Teil von selbst. Der Reisende kommt in den Fall, sie wahrzunehmen, ohne die Beobachtungen ihnen entlang vervollständigen zu können. Dann ist die Bruchfläche in ihrer Streichrichtung mittels einer verstärkten Linie einzuzeichnen; ratsam ist es, durch kleine Pfeilspitzen auch die Seite anzugeben, an welcher die Absenkung stattgefunden hat. Selten wird man auch ihren Vertikalbetrag bestimmen können, und dann sollte er in Ziffern beigefügt werden.

3. Die geologische Karte sollte auch Angaben über das Vorkommen von nutzbringenden Mineralien, das Bestehen von Bergbau und Steinbrüchen, das Auftreten von warmen Quellen usw. enthalten. Auch dafür kann man kurze Bezeichnungen einführen.

4. Mit Ausnahme der verhältnismäfsig beschränkten Erdräume, von welchen genaue Karten in grofsem Mafsstab vorhanden sind, findet der Reisende entweder unvollkommene Kartenbilder, oder es fehlt noch gänzlich an Versuchen zu naturgetreuer Darstellung. Im letzteren Fall ist ihm dadurch eine Hauptaufgabe vorgezeichnet, für welche er Anleitung in einem anderen Teil dieses Buches findet. Wer geologische Arbeit tun will, der sollte aber auch dort, wo eine nicht ganz voll-

kommene Grundlage vorhanden ist, bemüht sein, das topographische Bild zu ergänzen und zu vervollkommnen. Neben genauer Planzeichnung liegt ihm besonders die Wiedergabe der Plastik ob. Die Gebirge sollten nicht nur in ihrer Existenz angegeben sein, sondern in ihrer Gliederung und ihrem orographischen Charakter aufgezeichnet werden; denn wie ihr Verständnis durch die geologischen Farben erhöht wird, so ist auch umgekehrt eine Erkenntnis des geologischen Baues nur mit Hilfe des oroplastischen Bildes möglich. Beides ergänzt sich gegenseitig. Der Formensinn mufs geübt werden; er entwickelt sich durch die unablässigen Versuche zu getreuer Darstellung. Gerade hierfür fehlt vielen Reisenden das Verständnis. Sie zeichnen ihren Reiseweg auf das sorgsamste auf, tragen die von ihnen gemessenen Höhen ein, geben jedes überschrittene Gewässer an (wobei man niemals unterlassen sollte, die Richtung des Flusses durch einen Pfeil zu bezeichnen), begnügen sich aber hinsichtlich der Plastik mit rohen Andeutungen, aus denen nicht vielmehr als der unebene Charakter des Landes hervorgeht, und geben höchstens einige besonders auffällige Gipfel in ihrer von dem Reiseweg gepeilten Lage an. Dies ist durchaus ungenügend. Der Reisende wird gut tun, sich an den näheren Umgebungen einzelner Orte, an denen er länger weilt, in der Herstellung eines die Plastik in allgemeinen Zügen wiedergebenden Bildes zu üben. Dazu gehört auch als ein wesentliches Moment die Angabe allgemeiner relativer Höhen, welche, soweit sie nicht gemessen werden können, nach Schätzung eingetragen werden sollten. Um darin Fertigkeit zu erlangen, sollte man sich daran gewöhnen, in bergigem Land von einzelnen Punkten aus die relative Erhebung anderer Punkte, nach denen man hinanzusteigen gedenkt, insbesondere der Rücken und Gipfel, zu schätzen und dann die Richtigkeit der Schätzung durch das Aneroid zu kontrollieren. Auf diese Weise wächst die Übung schnell, wenn man auch der Begehung erheblicher Irrtümer ausgesetzt bleibt. Es ist aber weit befriedigender, auf einer Karte des Reiseweges die relative Höhe der Gipfel in einem Bergzug beispielsweise zu 2000 m, mit einer möglichen Irrung von 200 m zu viel oder zu wenig, angegeben zu sehen, als deshalb, weil der Verfasser aus übermäfsiger Gewissenhaftigkeit nur das genau Bekannte angebracht hat, in der Vermutung über die Höhe des aufgezeichneten Gebirges von 500 m bis 3000 m schwanken zu müssen. Unter allen Umständen sollten geschätzte Höhen durch eine andere Schriftart als die der berechneten eingetragen, oder durch Klammern bezeichnet werden.

B. Zusammensetzung und Formgebilde des festen Landes.

1. Plastik des Festlandes.

Grofse Verschiedenheit bietet die Plastik der Länder, welche der Reisende durchzieht. In ausgedehnten Erdräumen walten einfache und einheitliche Bodenformen; in anderen Gegenden begegnet man dem das Wesen gebirgiger Länder bedingenden fortdauernden Wechsel von aufragenden Teilen und Hohlformen, von sanften und steilen Neigungen in endloser Mannigfaltigkeit der Verteilung, und vielgestaltig sind die Typen der Mittelglieder zwischen Ebene und Gebirge. Die nach Höhen abgestufte Landkarte, verbunden mit guten Beschreibungen und landschaftlichen Aufnahmen durch Photographie oder Zeichnung, vermag ein Bild der Bodenformen zu schaffen; doch ist es nicht leicht, sprachlich den richtigen Ausdruck für eine lebensvolle Darstellung der reinen Oroplastik zu finden. Zunächst sind die allgemeinen Gestaltungen und die Einzelgliederungen zu unterscheiden; beides aber sind relative Begriffe, deren Anwendung zwischen ebenso weiten Grenzen schwankt, wie die Mafsstäbe, in denen man Erdräume von verschiedenem Areal kartographisch abbildet.

Bei der Abbildung ebenso wie bei der Beschreibung von Kontinenten oder grofsen Teilen von solchen bedient man sich eines kleinen Mafsstabes, welcher nur die allgemeinen Gestaltungen zur Anschauung bringt, während die Einzelheiten des Reliefs als unwesentlich und nebensächlich für die Gesamtauffassung verschwinden. Von diesem Gesichtspunkt unterscheidet man nach den allgemeinsten Bodenformen: Flachland, welches in den verschiedensten Meereshöhen liegen kann, und Bergland; dagegen nach der absoluten Erhebung über das Meer: Tiefland, Mittelland und Hochland. In dem Rahmen des allgemeinen Bildes erscheinen die Gebirge als meist enger und schärfer begrenzte Schwellungen des Bodens, und zwar bald langgestreckt als sogenannte Kettengebirge, bald von gedrungener Gestalt als sogenannte Massengebirge, denen eine ausgesprochene Längsachse fehlt. Nach Höhenverhältnissen unterscheidet man unabhängig von der Gestalt: Hügelland, Mittelgebirge und Hochgebirge. Es schwanken aber nicht nur deren Abgrenzungen in verschiedenen Erdräumen, sondern es werden auch dieselben Ausdrücke für relative Höhenunterschiede der Erhebungen über einem beliebig hochgelegenen Flachboden angewandt.

Derartige allgemeine Verhältnisse bieten sich von selbst und unmittelbar der Berücksichtigung dar, wenn man sich ein Gesamtbild von dem Relief des besuchten Erdraums zu gewinnen bemüht. Es knüpfen sich daran sofort eine Reihe lehrreicher Gesichtspunkte, z. B.: die Ausdehnung der Flachlandstrecken in verschiedenen Höhenlagen, ihre gleichmäfsige oder ungleichmäfsige Neigung, eventuell ihre geschlossene Beckenform, oder das Vorkommen von Stufenabfällen; ferner die Gestalt und relative Höhe der steileren Stufen; die allgemeine Richtung und Anordnung der Gebirge; die Neigungswinkel der Gehänge der letzteren, wenn man sie, ohne Rücksicht auf Einzelgliederung, als Bodenschwellen auffafst; die Verteilung der Stromgebiete in ihrer Beziehung zu den Gesamtformen des Bodens; der Einflufs, welchen die letzteren auf klimatische Verhältnisse, auf Verbreitung der Organismen nach Höhenstufen, sowie der Ansiedelungen und der Kultur des Menschen ausüben.

Man sollte sich bei ideellen und beschreibenden Darstellungen der Plastik stets der Vergleichung mit dem gezeichneten Kartenbild oder dem in Ton geformten Reliefbild bewufst sein. Je gröfser der Mafsstab genommen wird, desto mehr treten die Einzelheiten der Gestaltung als wesentliche Züge des Bildes hervor, und damit modifizieren sich die Gesichtspunkte der Betrachtung. Die absoluten Höhen treten an Bedeutung zurück gegen die relativen; selbst in den einförmigsten Verebnungen zeichnen sich Abstufungen, leichte Böschungen, Bodenwellen und Furchen, die das fliefsende Wasser hineinschnitt. Am vielgestaltigsten werden die Gebirge; sie erscheinen nicht mehr als einfache Anschwellungen, sondern als reichgegliederte Massive. Bei ihren Kämmen ist zu beachten: ob sie im Querprofil breit und flach, oder zugeschärft sind; ob ihr Längsprofil eine einfache oder wellige Linie ist, oder durch den Wechsel hoher Gipfel und tief eingesenkter Pässe ausgeschartet, oder gar durch eine quer dagegen gerichtete Furche unterbrochen wird; ob mehrere parallele oder nahezu parallele Kämme vorhanden sind; ob diese in ihrer Gestalt ähnlich oder voneinander sehr verschieden sind; ob einer von ihnen durch Höhe und wasserscheidenden Charakter vor anderen hervorragt, oder ob das gröfste Höhenmafs, oder die Wasserscheide, oder beides von einem Kamm auf den anderen im Fortstreichen des Gebirges überspringt; ob sich von einem Hauptkamm verschiedene Querkämme oder Jochkämme einseitig oder beiderseitig abzweigen; ob ein einheitliches System dieser Art das ganze Gebirge zusammensetzt,

oder nur einen Teil desselben bildet; ob die höchsten Gipfel auf dem Hauptkamm oder auf den Jochkämmen stehen; ob im Verlauf des Gebirges einzelne gröfsere Massive mit selbständiger Kammverzweigung sich absondern; — ferner, ob das Querprofil der einzelnen Kämme symmetrisch oder unsymmetrisch ist; ob die steileren Flanken durchweg nach derselben Seite liegen, und ob das ganze Gebirge im Querschnitt unsymmetrisch gebaut ist, indem es nach einer Seite kurz und steil abfällt, nach der anderen sich allmählich abdacht; ob eine Flanke (und welche) sich unter das Meer oder unter eine schutterfüllte Verebnung herabsenkt; ob sich einer Seite im Gegensatz zur anderen ein relativ hohes Land anschliefst, und ob dieses gebirgigen oder Tafellandcharakter hat, oder ob breite muldenförmige, mit Salzseen erfüllte Hochflächen, die zwischen locker gestellten Gebirgszügen angeordnet sind, den Charakter bestimmen. Es sollte ferner bei allgemeinen Ausblicken darauf geachtet werden, ob in den Abfallslinien der einzelnen Gebirgsglieder eine homologe Unterbrechung der Stetigkeit durch horizontale Strecken in ganz oder nahezu gleichbleibender Meereshöhe vorkommt, sowie ob diese Erscheinung sich in verschiedenen Höhen wiederholt. Das Horizontglas (S. 213) wird hierzu gute Dienste leisten. Die Gliederung aufragender Teile wird bedingt und ergänzt durch die Gliederung der Täler und Hohlformen überhaupt, wobei auf die Verteilung der Gewässer unter dieselben zu achten ist, im übrigen aber ähnliche Gesichtspunkte festzuhalten sind.

Je vollkommener das oroplastische Bild ist, desto mehr wird es eine Grundlage für die Orometrie und die orometrische Vergleichung verschiedener Gebirge geben. Für einen geradgestreckten Kamm, in dessen Linie die Gipfel und Pässe liegen, kann man aus vielen Höhenmessungen die mittlere Kammhöhe berechnen, welche das geometrische Mittel aus den Höhen aller Punkte der Kammlinie ist. Nicht ohne Willkür hingegen geschieht die Berechnung von mittlerer Gipfelhöhe und mittlerer Pafshöhe, da es schwer ist, Grenzen für die Auswahl der zu berücksichtigenden Gipfel und Pässe festzustellen. Aber auch nur einigermafsen sichere Resultate sind von Wert für die Auffindung des als mittlere Schartung bekannten Verhältnisses zwischen beiden. Denn je tiefer im Verhältnis zur Gipfelhöhe die mittlere Pafshöhe hinabgeht, um so leichter ist im allgemeinen ein Gebirgskamm zu überschreiten. Häufig tritt jedoch die Bedeutung dieses Wertes zurück, indem ein Tal den Kamm quer durchzieht, und an die Stelle von dessen Überschreitung

ein einfaches Hindurchgehen tritt. Solche Stellen sind besonders bei hohen Gebirgen zu beachten, da sie meist wichtig für Pafsübergänge sind.

So wesentlich die oroplastische Darstellung eines Erdraumes ist, besteht doch das wissenschaftliche Verständnis der Formgebilde der Erdoberfläche, wie bereits angedeutet, erst in ihrem genetischen Erfassen; der Reisende sollte daher das Ziel verfolgen, sie nicht nur nach ihrer äufseren Gestalt zu erkennen, sondern auch ihren inneren Bau zu ergründen und den Vorgängen ihrer Bildung und Umbildung entweder selbst nachzuspüren oder Material zu deren Verständnis aufzusammeln. Im dritten Abschnitt werden die Richtungen der darauf bezüglichen Beobachtungen und die Methoden zu ihrer Ausführung dargestellt werden. Da jedoch derjenige, welcher sich solchen Untersuchungen widmet, ihren Zweck klar durchschauen mufs, um sie in einer demselben entsprechenden Weise auszuführen, so erscheint es geeignet, vorher die für die morphologische Betrachtung der Erdoberfläche leitenden Gesichtspunkte kurz zusammenzustellen. Es wird sich dabei Gelegenheit bieten, einige der Probleme, zu deren Lösung der Reisende beizutragen vermag, namhaft zu machen. Wem die höheren Ziele der Forschung bekannt sind, der wird zweckbewufst, und daher mit gröfserer Aussicht auf Erfolg, an die kleineren Arbeiten gehen, welche die Vorstufen zur Erreichung von jenen bilden.

2. Die an der Zusammensetzung der festen Erdoberfläche teilnehmenden Gesteine.

Die Oberfläche der Festländer wird bedingt durch ein festes Gerüst von Gesteinen, welche sie zum Teil unmittelbar bilden, zum Teil durch eine überlagernde Decke von lockerem Erdreich vermitteln. In der Geologie wird zwar auch dieses als „Gestein“ bezeichnet, doch ist es an gegenwärtiger Stelle zweckmäfsiger, die lockeren Deckgebilde für sich zu betrachten. Die Grundzüge der Systematik der Gesteine hängen eng mit den Grundzügen der Entstehung der Erdrinde zusammen. Nach den ersten in Dunkel gehüllten Erstarrungsvorgängen vollzog sich, wenn man nur das Gesteinsmaterial ins Auge fafst, ihre Entwickelung nach aufsen durch Aufwärtsdringen heifsflüssiger Massen aus der Tiefe und durch Absatz von Zerstörungsprodukten und gelösten Stoffen aus dem Wasser, während sie nach innen durch Erstarrung zunahm. Hier war der Sitz des Vulkanismus, der, als die Rinde dünn war,

wenig Widerstand zu überwinden hatte, sich an sehr vielen Stellen und sehr häufig äufserte und die der Rinde zunächst gelegenen Teile des Innneren nach aufsen brachte, später aber, als durch fortschreitende Erstarrung die Widerstände allmählich wuchsen, sich mehr und mehr selten, grofszügiger in Beziehung auf regionale Verbreitung, und paroxysmatischer äufserte. Der sich allmählich verdickende äufsere Teil der Rinde setzte sich demnach aus zweierlei Produkten zusammen: 1) den in heifsflüssigem Zustand aus der Tiefe heraufgedrungenen, mit Wasserdampf und anderen Gasen beladenen magmatischen Massen, welche kristallinisch erstarrten und die Eruptiv- oder Ausbruchsgesteine (auch Massengesteine genannt) abgaben, deren wichtigste Eigenschaft darin besteht, dafs ein in ihrer chemischen Zusammensetzung waltendes Zahlengesetz sie zu einem Ganzen verbindet; 2. den Sedimentgesteinen, welche sich im Wasser absetzten und anfangs aus der Zerstörung der Gebilde der Erstarrungsrinde und der Eruptivgesteine, später aus derjenigen der letzteren und der älteren Sedimente hervorgingen. Da ihrer Bildung die Zusammenführung der mechanisch oder chemisch differenzierten Bestandteile der Ausbruchsmassen zugrunde liegt, haben sie eine regellose, in jedem Einzelfall von den Bildungsvorgängen abhängige mechanische und chemische Zusammensetzung und sind im allgemeinen in Form horizontaler oder wenig geneigter Lagen oder Schichten (normal) abgelagert worden, während die Eruptivgesteine in von unten nach oben (abnorm) gerichteten Kanälen oder Spalten aufstiegen und entweder zwischen Sedimentschichten und anderes Gestein gewaltsam eindrangen, oder sich an der Oberfläche durch Überströmen ausbreiteten; unter besonderen Umständen traten in ihrer Masse bei der Ankunft in der Nähe der Oberfläche paroxysmatische und explosive Erscheinungen ein und verursachten dadurch die Entstehung von vulkanischen Aufschüttungen. — Da die Sedimentgesteine die Entwickelung von der Erstarrungsoberfläche nach oben darstellen, die Eruptivgesteine aber ein Abbild derjenigen von der Erstarrungsoberfläche nach unten geben, so haben beide in ihr theoretisch eine gemeinsame Berührungsfläche und müfsten dort aus demselben Material bestehen. In den anscheinend tiefsten Teilen des Grundgerüstes, welche infolge vertikaler Verschiebungen der Beobachtung zugänglich geworden sind, sind Granit und Urgneifs vorherrschend, beide in mineralischer und chemischer Zusammensetzung identisch und nur durch Andeutung von Streckung in letzterem verschieden. Sie bilden Ausgangs-

punkte in der Systematik der Gesteinslehre, deren leitendes Motiv sich nach diesen Grundanschauungen leicht übersehen läfst. Es ist dabei stets festzuhalten, dafs es bei den Gesteinen keine scharf getrennte Gattungen und Arten gibt, sondern, wie Granit und Gneifs ineinander übergehen, so auch jedes Gestein überhaupt durch Änderung der Struktur oder der Zusammensetzung gewissen anderen Gesteinen durch Übergänge verbunden ist. Dies erschwert die scharfe Anwendung der Nomenklatur.

a) **Die Sedimentgesteine** lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen. Dem Alter nach gibt es im wesentlichen zwei grofse Reihen: die archaischen und die sekundären Sedimentgesteine. In der ersten walten kristallinische Schiefer weitaus vor, in der anderen die aus agglomerierten Massen durch Zementation verhärteten Sandsteine, Schiefertone und Kalksteine. Die ersten reichen, im Alter, von den Anfängen der Sedimentbildung bis zu der Zeit der ersten sicher nachweisbaren Spuren der Existenz organischen Lebens auf der Erde und umfassen wahrscheinlich weitaus die längere Periode; die anderen stammen aus denjenigen Zeitaltern, aus welchen das organische Leben seine Spuren in zahllosen deutlichen Resten hinterlassen hat. In der Regel sind die Gesteine beider Reihen auch insofern voneinander getrennt, als ausgedehnte Erdräume oder gröfsere Teile eines und desselben Gebirges an der Oberfläche ausschliefslich die Gesteine der einen oder der anderen Reihe erkennen lassen. Wo sekundäre Sedimentsteine vorkommen, liegen archaische stets darunter; wenn sich auf kleinem Raum in häufigerem Wechsel archaische und sekundäre Sedimentgesteine nebeneinander finden, lassen sich daher ganz allgemein die ersteren als Grundgebirge oder Kerngebirge, oft mit grofser Schärfe, von den darüber lagernden Schichtgebilden sondern.

Die Einfachheit der angegebenen, auf das Alter begründeten und im petrographischen Charakter zum Ausdruck kommenden Zweiteilung wird dadurch beeinträchtigt, dafs sekundäre Sedimentgesteine der verschiedensten Altersstufen in vielen Fällen durch gewisse, wesentlich auf Einflüsse von hohem Überdruck und hoher Temperatur zurückzuführende Vorgänge innere Umänderungen erfahren haben, durch die sie kristallinisches Gefüge annahmen und in schieferige Gesteine verwandelt wurden, welche sich im petrographischen Charakter von den archaischen kaum oder gar nicht unterscheiden lassen. Ihre Sonderung als metamorphische Gesteine hat für den Ungeübten nur theoretischen Wert. In der Praxis fallen

sie für ihn mit den archaischen Gesteinen zusammen, denen sie sich auch zufolge ihrer Härte und Widerstandsfähigkeit betreffs der Rolle im Gebirgsbau und der äufseren Bergformen innig anschliefsen. Das Gleiche gilt von einer wesentlich nach genetischem Prinzip zu sondernden dritten Klasse kristallinischer Schiefer, nämlich solcher, deren Entstehung durch Streckung und Auswalzung fertig erstarrter Eruptivgesteine unter hohem Gebirgsdruck vermittelst mikroskopischer Untersuchung nachgewiesen worden ist. Dazu kommt noch eine vierte Klasse, welche darauf beruht, dafs das eruptive Magma selbst unter hohem Druck erstarrte, und die sich aus ihm ausscheidenden Kristalle sofort eine Längsentwickelung in senkrecht zum Druck gestellten Linien erfuhren. Sollte auch Jeder mit dem Vorhandensein dieser genetischen Unterschiede bekannt sein, so genügt doch für die praktischen Zwecke des Reisenden gemeinhin die Unterscheidung von zwei grofsen Klassen, nämlich den kristallinischen Schiefergesteinen und den einfach verhärteten, sonst relativ unveränderten sekundären Sedimentgesteinen.

1. Die kristallinischen Schiefergesteine. Weitaus der Hauptteil derselben entstammt dem archaischen Zeitalter und bildet das eigentliche Grundgebirge für alles Nachfolgende. Über die Art ihrer Entstehung, die sich nur aus Wahrscheinlichkeitsgründen ableiten läfst, walten verschiedene Ansichten. Die ältesten zeigen eine so gleichmäfsige Entwickelung über die ganze Erdrinde, dafs man zu der Annahme weitverbreiteter, gleichartiger Bildungsvorgänge geführt wird, gleichviel ob sie sämtlich, oder Teilgruppen von ihnen, von Anfang an in kristallinisch-schiefrigem Zustand abgelagert, oder durch molekulare Umwandlung von Schichtgesteinen, oder durch Streckung von Ausbruchsgesteinen entstanden seien. Mit dem fortschreitenden Alter der Erde nahm die Differenzierung infolge chemischer und mechanischer Zerstörung und wechselvollerer Niederschlagsbedingungen offenbar zu; denn der Gleichartigkeit der ältesten Gesteine des archaischen Zeitalters steht fortschreitender Wechsel im Charakter der jüngeren gegenüber. Trotz ihres kristallinischen Charakters tragen diese alle Anzeichen, dafs sie, gleich den metamorphischen Gesteinen späterer Zeitalter, durch Umänderung von klastischen Gesteinen und organogenen Kalksteinen entstanden sind. Man nennt zwar die gesamte archaische Gesteinsreihe auch azoisch, aber nur aus dem negativen Grund, weil ein reich entwickeltes organisches Leben in wohlerhaltenen Resten darin noch nicht nachgewiesen worden ist. Das archaische Zeitalter schliefst vor der präcambrischen oder algonkischen Periode ab.

Die aus dieser stammenden Gesteine, besonders die Phyllite (meist von grünlichen Färbungen), Sandsteine und Konglomerate, zeigen häufig nur noch einen schwachen Metamorphismus. Wo dies zutrifft, sollten sie insbesondere auf Gehalt an organischen Resten sorgsam untersucht werden. — Gneifs, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, Serizitschiefer, Tonglimmerschiefer und Tonschiefer sind die wichtigsten kristallinischen Schiefergesteine, welche der Reisende kennen mufs. Zwischengelagert sind: körniger Kalkstein oder Marmor, und Quarzit, welche schiefriges Gefüge gar nicht oder nur unvollkommen angenommen haben.

2. Die sekundären Sedimentgesteine oder das Flözgebirge. Alle Formationen von der präcambrischen an sind im wesentlichen aus Schichtgesteinen aufgebaut, welche noch jetzt durch ihre Beschaffenheit den Beweis liefern, dafs sie durch die Ablagerung mechanisch in Wasser suspendierter Teile oder chemisch gelöster Stoffe gebildet wurden und von einem ursprünglich weichen oder locker agglomeriertem Zustand meist zu festem Gestein erhärteten. Alle Schiefertone, Sandsteine, Konglomerate und die meisten Kalksteine haben diese Entstehung; nur der durch Korallen und Algen aufgebaute Riffkalk und einige aus eindampfenden Meeresresten niedergeschlagene chemische Sedimente waren schon ursprünglich gröfstenteils fest. Hierher gehören eigentlich auch die jetzt noch weichen oder losen Ablagerungen aus Meerwasser und Süfswasser; doch sollen sie, im Gegensatz zu dem festen Gesteinbau, ihrer verschiedenen morphologischen Rolle wegen zu den losen Deckgebilden gerechnet werden. — Bei der Betrachtung der Sedimentgesteine ist zu beachten, dafs, wie die Tiefseeforschung lehrt, alle Ablagerungen der der Zerstörung der Festlandsgebilde entnommenen mechanisch suspendiert gewesenen Stoffe im wesentlichen in einer selten mehr als 250 km breiten, meist aber schmäleren Küstenzone niedergeschlagen worden sind, in den von Kontinenten und Inseln ferneren Teilen des Meeresbodens aber ihr Niederschlag stets von verschwindender Bedeutung war. Die Entstehung aller Kalksteine ist auf die Aussonderung des Kalkes aus seinen im Meerwasser gelösten Salzen durch Tiere und Pflanzen zurückzuführen; und zwar teils durch feste, zur Entstehung von Riffen Anlafs gebende Kolonien derselben, wie insbesondere der lichtbedürftigen, daher auf geringe Meerestiefen angewiesenen Kalkalgen, Kalkschwämme, riffbauenden Korallen und Austern, teils durch freibewegliche gröfsere

Schaltiere der Küstenzone, welche eine geringe Rolle spielen, teils durch freischwimmende, wesentlich bei Nacht an die Oberfläche kommende, über weite Meeresräume in wolkenähnlichen Schaaren verbreitete, meist mikroskopisch kleine tierische Organismen, deren kalkige Panzer auf den Boden des Meeres fallen und sich dort regionenweise zu mächtigen Ablagerungen anhäufen können, in den über 4000 m betragenden Tiefen aber fehlen. Mächtige Ablagerungen reiner Kalksteine konnten teils aus den bei positiver Strandverschiebung emporwachsenden festen Kolonien und ihrem ausgedehnten Mantel von Zertrümmerungsprodukten, teils aus den weite Teile des Meeresbodens gleichmäfsig bedeckenden Ansammlungen niedergesunkener mikroskopisch kleiner oder gröfserer Kalkpanzer entstehen; doch bietet die Erklärung der Bildung vieler Kalksteinablagerungen grofse Schwierigkeiten. Auch die Kieselsäure wird von Pflanzen (Diatomeen) und Tieren (Radiolarien und Spongien) abgeschieden. Durch pelagische Anhäufnng der meist mikroskopisch kleinen Panzer entstehen kieselige Gesteine. Als wichtige Dokumente für die Entstehungsgeschichte einzelner Schichtgebilde sind sie ein bedeutungsvoller Gegenstand der Aufsuchung.

So wenig zahlreich die Namen sind, unter denen sich die in den sekundären Sedimenten vertretenen Gesteinsarten zusammenfassen lassen, bilden sie doch den allermannigfaltigsten Aufbau, teils wegen der endlosen Veränderlichkeit im äufseren Charakter, welche ihnen eigentümlich ist, und teils wegen der nicht minder vielgestaltigen Art, in welcher sie miteinander wechseln. Den einzigen Anhalt zu einer wissenschaftlichen und durchgreifenden Gliederung liefert das historische Moment, welches die eingeschlossenen organischen Reste abgeben. Darauf stützt sich die Einteilung der Erdgeschichte in das archaische, paläozoische, mesozoische und känozoische Zeitalter und eine gröfsere Reihe untergeordneter Perioden und Epochen, sowie die Einteilung der Sedimentgebilde in Formationen oder Systeme, welche den Perioden entsprechen. Mit der Aufeinanderfolge der Formationen, von der Cambrischen und Silurischen bis zu den Tertiär-Formationen und den Gebilden des Diluviums und Alluviums, sollte jeder Reisende vertraut sein. Es ist nicht schwer, sich ihre Grundzüge anzueignen. Gröfsere Arbeit erfordert es, mit den vorwaltenden paläontologischen Merkmalen bekannt zu werden, auf welche sich die Einteilung stützt.

b. **Die Eruptivgesteine.** Das charakteristische äufsere Merkmal dieser Gesteine ist ihr Mangel an Schichtung, ver-

bunden mit einem kristallinischen Gefüge und einer Zusammensetzung aus mehreren Mineralspezies. Ihre Entstehungsweise und die Gesetzmäfsigkeit in ihrer chemischen Znsammensetzung wurden schon erwähnt. Um einzelne Gesteine mit Namen benennen zu können, sollte der Reisende sich zunächst mit den wenigen als wesentliche Gemengteile auftretenden Mineralien hinreichend vertraut machen, um sie bei makroskopischer Ausbildung erkennen zu können. Die wichtigsten sind: Quarz, Feldspathe (Orthoklas und Plagioklase), Glimmer (Muskovit und Biotit), Augit, Hornblende, Olivin, Granat, Epidot, Kalkspath, Magneteisenstein. In zweiter Linie kommt das Gefüge oder die Textur in Betracht, deren augenfälligste Abänderungen man an Handstücken in Sammlungen studieren sollte. Bei granitischer Textur sind alle zusammensetzenden Mineralien zu einem gleichmäfsig körnigen Gemenge auskristallisiert; bei porphyrischer umschliefst eine feinkörnig-kristallinische oder auch eine dichte und selbst glasige Grundmasse gröfsere Kristalle eines Minerals oder mehrerer; bei den Gesteinen der Vulkane kommt dazu das Gefüge geflossener Gläser (Obsidian), zuweilen mit schaumiger Aufblähung (Bimsstein), und manche andere Modifikationen. Aus der ersten Gruppe sollte man Granit, Syenit und die deutlicheren Varietäten von Diorit, Diabas und Gabbro kennen lernen; aus der zweiten Quarzporphyr, Porphyrit und Augitporphyr. Die jüngeren Eruptivgesteine sollen später (S. 278, 289) besonders behandelt werden.

c. In eine dritte Klasse können alle **lockeren Bodengebilde** vereinigt werden, mit denen der feste Felsbau bedeckt ist. Sie entstehen durch dessen Zersetzung und mechanische Zerstörung und befinden sich zum Teil noch an den Orten ihrer Bildung; zum Teil sind sie von diesen abgeräumt und an anderen Stellen entweder in bunter Mengung oder in nach Korngröfse und spezifischem Gewicht gesonderten Massen abgelagert. Die wichtigeren Bodenarten werden in den Abschnitten über äufserliche Veränderungen (S. 314 ff.) und über die Ablagerungen durch fliefsende Gewässer (S. 321 ff.) besprochen werden.

Die genannten Gesteine beteiligen sich in der mannigfaltigsten Art der Zusammenfügung an dem Bau der festen Erdoberfläche. Ehe wir auf die Formen dieses Baues eingehen, betrachten wir die Kräfte, welche der äufseren Ausgestaltung zugrunde liegen.

3. Gebirgsbildende und gebirgszerstörende Vorgänge.

Die Zusammensetzung des Festlandes aus Sedimentgesteinen allein, oder aus diesen in Begleitung von kristallinischen Schiefern und Eruptivgesteinen, und der innere Bau, d. h. die Art ihrer architektonischen Zusammenfügung, bieten bei wechselvoller Form der Oberfläche meistenteils, bei einförmiger Gestalt in vielen Fällen, erhebliche Verschiedenheiten auf eng begrenztem Raum dar. Die Mannigfaltigkeit in beiderlei Beziehungen beruht in erster Linie darauf, dafs die Gesteine sich nicht mehr ungestört in ihrer ursprünglichen Lage befinden, sondern dafs einerseits einzelne Teile der äufsersten Erdrinde Verschiebungen gegeneinander, bald in kleinerem, bald in gröfserem Mafsstab, erfahren haben, anderseits Massenumsetzungen sich zugetragen haben, und infolge der Fortführung fester Teile von einzelnen Stellen talartige Hohlformen oder flächenartige Ausbreitungen zurückblieben, während an anderen die Zerstörungsprodukte ebenflächig abgelagert und zur Erhöhung des Bodens verwendet wurden.

Als die hauptsächlichsten Motive der Herausbildung relativer Höhenunterschiede und wechselvoller Gestalt, daher der Gebirge und des Bodenreliefs im allgemeinen, lassen sich die folgenden Vorgänge bezeichnen:

a. **Das seitliche Zusammenschieben von Teilen der Erdrinde.** Es kann sich äufsern: in einer faltigen Biegung der Schichtgesteine, oder darin, dafs einzelne Teile über andere, wie die Eisschollen eines strömenden Gewässers, auf horizontalen oder flach geneigten Ebenen hinaufgeschoben sind. In jedem dieser Fälle ist ein Teil der äufseren Erdrinde auf einen weniger ausgedehnten Raum zusammendrängt, als er bei horizontaler Ausstreckung der Schichtgesteine eingenommen hatte. Da bei dem Zusammenschieben ein Ausweichen des Gesteins nach der Tiefe oder nach den Seiten nicht möglich ist, mufste eine relative Bodenerhöhung stattfinden. — Diesen aufserordentlich häufigen Erscheinungen, welche von frühen erdgeschichtlichen Zeiten an ein Hauptmotiv der Gebirgsbildung gewesen sind, können verschiedene Vorgänge zugrunde liegen. Erstens könnte sich ein seitliches Zusammenpressen eines keilförmigen, radial gestellten Erdrindenteils von gegebenem Volumen auf einen engeren Raum infolge gegenseitiger Annäherung der seitlich angrenzenden Erdrindenteile, wie bei einer zwischen die Backen eines Schraubstockes

eingezwängten Masse, ereignet haben; flach ausgebreitete und zugleich belastete Schichtgesteine, einer solchen Kraft ausgesetzt, würden, wie die Blätter eines unter analoge seitliche Pressung gestellten, stark belasteten Ballens Schreibpapier, in Falten geworfen werden, und ihre ganze Masse nach oben anschwellen. Vorgänge solcher Art müssen in der Erdgeschichte vielfach stattgefunden haben, da die äufsere Erdrinde, welche eine gegebene Ausdehnung hatte, dem durch Wärmeabgabe sich verkleinernden Erdkern folgte und, indem sie sich dessen schrumpfender Masse anzupassen strebte, eine zu weite Hülle für sie bildete. — Zweitens könnte derselbe Erdrindenteil, ohne jegliche Änderung des Volumens des Erdinneren und ohne irgendwelche Verschiebung der seitlichen Begrenzungen, eine Vermehrung seines eigenen Volumens erfahren, wie sie durch verschiedene Umstände, am meisten aber durch eine die ganze Masse des Keiles betreffende Temperaturerhöhung eintreten kann. Der Effekt würde ähnlich sein wie im ersten Fall: der ganze Erdrindenteil würde, da der Raum zwischen den stehen bleibenden Wänden zu eng wäre, eine faltige Zusammenschiebung erleiden, am intensivsten an den Stellen der gröfsten Volumenvermehrung; und wenn diese tief lägen, müfste aus den innersten Teilen des Keiles heraus ein gewaltsames Aufwärtsdrängen der Massen stattfinden. — Ein drittes Moment, welches gewaltigen Schiebungen zugrunde liegen kann, sind die isostatischen Bewegungen. Sie ergeben sich theoretisch aus der Erkenntnis, dafs durch die Fortführung grofser Gebirgsmassen von den Festländern und die Ablagerung ihrer Trümmer auf dem Meeresboden eine Überlastung des letzteren und eine Fehlbelastung der ersteren, mithin eine Störung des Gleichgewichtszustandes, eintreten mufs. Es ist gefolgert worden, dafs das Streben nach dessen Wiederherstellung magmatische Bewegungen in den Tiefen, von der Region des Überdruckes nach der des Minderdruckes hin, daher ein weiteres Sinken des Meeresbodens und Ansteigen festländischer Teile, sowie ein tangentiales Unterschieben der ersteren unter die letzteren veranlassen mufs. — Diese verschiedenen Erwägungen machen es wahrscheinlich, dafs ebenso das faltige Zusammendrängen von Schichtmassen auf einen kleineren Raum, wie das Überschieben von schollenartigen Fragmenten über andere, ein komplexes Phänomen ist, bei welchem noch andere Kraftäufserungen aufser den genannten ursächlich mitgewirkt haben mögen. Der Zeitpunkt dürfte noch fern liegen, in welchem man im Einzelfall die letzten Ursachen der Zusammenschiebung festzustellen imstande sein

wird. Gegenwärtig handelt es sich darum, das sichere Beobachtungsmaterial zu vermehren, und dies ist eine Aufgabe, die der Forschungsreisende im Auge behalten sollte.

In den der Beobachtung sich unmittelbar darbietenden Fällen sind es in der Regel langgedehnte Zonen, in welchen durch die Vorgänge der Zusammenschiebung die Erdoberfläche eine relative Erhöhung erfahren hat und zu einem Gerüst, aus welchem die Gewässer ein vielgestaltiges Gebirge ausmeifseln konnten, emporgetrieben worden ist. Hierher gehören die grofsen Faltungsgebirge der Erde. Doch bietet der nur streckenweise der Untersuchung zugängliche Untergrund im kontinentalen Bau das Phänomen des Zusammenschiebens in so grofsem Mafsstab, dafs man von regionaler Faltung neben der zonalen sprechen kann.

b. **Die Aufwölbung.** Sie geschieht scheinbar durch eine vertikal von unten nach oben wirkende Kraft, wie sie ersichtlich durch das Eindringen schmelzflüssigen Gesteins zwischen die Schichtflächen in Gestalt von Lakkolithen, und wahrscheinlich auch durch örtlich beschränkte Volumenvermehrung ausgeübt wird. Selten ist sie mit Sicherheit zu beobachten; aber von um so gröfserem Interesse sind die Fälle, wo dies geschehen kann. Als Argument für neuere Vorgänge kann die vergleichende Zusammenstellung der Meereshöhen dienen, in welchen sich Anzeichen ehemaligen Meeresstandes nachweisen lassen, wie in Skandinavien, wo ihr Ansteigen von den Küsten nach dem Inneren sich mit wachsender Sicherheit herausstellt. An anderen Orten beobachtet man in langer Erstreckung das Ansteigen nach einer Wölbung von zwei Seiten her, findet aber an Stelle des Scheitels der Wölbung einen tiefen grabenartigen Einbruch; so bei Schwarzwald und Vogesen, und in den Gebirgen, welche den nördlichen Teil des Roten Meeres zu beiden Seiten begrenzen.

c. **Die Verwerfung,** d. h. das Absinken einzelner Teile der Erdrinde gegen andere. Dasselbe findet in der Regel entlang geradgestreckten Brüchen oder vielmehr Bruchflächen statt, welche das Gestein, meist unter steilen Winkeln, zuweilen senkrecht, bald auf geringe, bald auf sehr weite Erstreckung durchsetzen; doch kommt es auch vor, dafs ein bogenförmiger Bruch aus der Vereinigung von zwei ungleich gerichteten geradlinigen Brüchen entsteht. Während der eine Flügel scheinbar in seiner Lage beharrt, gleitet der andere an der Bruchfläche nach einem tieferen Niveau hinab. Wo es sich um gegenseitige Verschiebung gröfserer Schollenteile handelt, scheint ein vermehrtes Ansteigen der höher gelegenen

Scholle nach dem Bruchrand hin, daher die Herausbildung einer randständigen Bodenschwelle, die Regel zu sein. Gewöhnlich aber beobachtet man in solchen Fällen eine Reihe paralleler Brüche und ein staffelförmiges Absinken an ihnen, wobei jede Staffel gegen den Bruchrand der nächsttieferen Absenkung hin ansteigt. Stellenweise sind die obersten Schichten nicht mit von dem Bruch durchsetzt, sondern biegen sich entlang der Linie, wo der Bruch sie durchziehen würde, von der höheren nach der tieferen Staffel herab. Man nennt diese Abart der Verwerfung eine Flexur. Jeder Bruch ist als die Folge der Auslösung von Spannungsdifferenzen anzusehen. Sinkt dabei ein Flügel herab, so mufs eine Volumenverminderung in der Tiefe, gleichviel ob durch Stoffentziehung, oder durch Schrumpfen, oder durch tangentiales Ausweichen tiefgelegener Massen veranlafst, zugrunde liegen. Umgekehrt würde das Ansteigen eines Flügels, während der andere in Ruhe bleibt, auf Spannungen deuten, die durch Volumenvermehrung in der Tiefe hervorgebracht wurden. Geschieht das Absinken oder das Ansteigen an Bruchflächen, welche gegen den niederen Flügel schief einfallen, so ist die eine wie die andere Bewegung gleichzeitig mit einer Raumerweiterung verbunden; denn eine Horizontalprojektion oder ein vertikales Querprofil würden zeigen, dafs die einander zugekehrten Grenzlinien der Oberfläche der beiden Flügel, welche früher zusammenhingen, jetzt durch einen mehr oder weniger breiten Raum getrennt sind. Wo Bewegungen dieser Art in grofsem Mafsstab und in oftmaliger Wiederholung als Motiv der Gebirgsbildung ohne gleichzeitige Faltung auftreten, scheint eine gegen die tiefste Versenkung hin gerichtete Zerrung zugrunde zu liegen.

Man findet teils ausgedehnte Erdräume, wie das ganze östliche Asien, von grofsen regionalen Verwerfungen betroffen, teils engbegrenzte Erdstellen von Systemen enggestellter Brüche durchsetzt. Der Vertikalausschlag der Verschiebungen kann sehr gering sein; er kann auch an einer einzelnen Verwerfung, oder durch Summierung mehrerer eng verbundener staffelförmiger Verwerfungen, mehrere tausend Meter betragen. Betrachtet man nur die gröfseren Fälle, so kann der stehen gebliebene höhere Flügel ein einfaches Bruch- oder Schollengebirge mit steilem Abfall an der Bruchseite und horizontaler oder sich sanft abdachender Oberseite bilden (Beispiel: Erzgebirge); oder es entsteht eine Landstaffel, wenn eine grofse Region gegen abgesunkene Nachbargebiete durch eine randliche Schwellung begrenzt ist, eine für Ostasien charakteristische Form; hierbei

veranlafst die staffelförmige Wiederholung des Bruches in manchen Fällen eine Mehrzahl von parallelen Kämmen. Vollzog sich die Absenkung (wie vorher angegeben) in Gestalt eines in einer gewölbartigen Auftreibung eingesenkten Grabens, so entstanden gegenständige Bruch- oder Schollengebirge, welche sich wie rechte und linke Hand verhalten (Beispiel: Schwarzwald und Vogesen). Blieb ein Kern stehen, und geschah die Absenkung nach wenigstens zwei Seiten von ihm hinweg, so bildete sich ein Horstgebirge (Beispiel: Harz, Thüringerwald); doch würde ein solches ebenfalls entstehen können, wenn bei einer Aufwölbung die Flanken von dem Kern in Staffeln abgesenkt würden.

d. **Die Verwitterung,** d. h. die Umänderung, Lockerung und zum Teil Vernichtung des Gesteins durch chemische, vegetabilische und mechanische Agentien. Zu letzteren gehören die Spannungsdifferenzen durch Temperaturwechsel und die sprengende Kraft des Eises. Unmittelbare Formveränderung geschieht durch Herabgleiten und Fallen vermittelst der Schwere und durch Fortführung von Massen in Lösung. Der Hauptverbündete in der unmittelbaren äufseren Umgestaltung ist das spülende Wasser, welches die Bewegung gelockerter Massen nach abwärts befördert. Verwitterung und Lösung dringen nach der Tiefe vor und können ebenso zu Aufblähungen wie zu Einsenkungen und Bergstürzen Anlafs geben.

e. **Die erodierenden Agentien,** insbesondere fliefsendes Wasser, strömendes Eis (Gletscher) und bewegte Luft. Sie schaffen das gelockerte und gelöste Material fort. Das fliefsende Wasser benutzt dieses, um Rinnen zu graben, welche durch das bewegte Eis vertieft und an ihrer Sohle erweitert werden können. Aufserdem vermag das Eis an den Stellen seines gröfsten Druckes Becken auszuhöhlen, und breite Ströme desselben üben mittelst des Bodenschuttes eine feilende Wirkung auf breite Flächen aus. Diese Agentien wirken von aufsen umgestaltend auf die Gebirge; sie modellieren die durch die unter a, b, c genannten Faktoren geschaffenen rohen Blöcke und veranlassen, gemeinsam mit der Verwitterung und der Arbeit des Spaltenfrostes, die Ausgestaltung der Gebirgsgliederung bis in die kleinsten Einzelheiten. Das fliefsende Wasser kann aber auch ein primärer Faktor der Gebirgsbildung sein, indem es Rinnen in eben ausgebreitetes Land gräbt. Sind dieselben tief und vielfach verzweigt, so können sie für sich allein aus verebnetem Boden ein Erosionsgebirge schaffen.

Die Tendenz dieser Agentien ist völlige Abtragung von Gebirgen. Vollkommene Verebnung wird nicht erreicht; aber

es können, wenn die Erosionsbasis sich durch lange Perioden nicht änderte, unebene, wellige Flächen, Rumpfflächen (Peneplains der Amerikaner) zurückbleiben, über welche nicht ausgeglichene harte Gesteinskerne als Inselberge (Monadnock der Amerikaner) aufragen. Es ist damit ein Erosionszyklus abgeschlossen. Wird durch Hebung oder Absenkung eine tiefere Erosionsbasis geschaffen, so wird die Rumpffläche durch wieder einsetzende Erosion abermals in ein Gebirge verwandelt, welches durch lange Zeiten einen gewissen Grad von Gleichmäfsigkeit in den Höhen von Kämmen und Gipfeln bewahren, aber durch fernere Zerstörung der abermaligen Umwandlung in eine Rumpffläche entgegengehen wird. Solche Erosionszyklen können, wie W. M. Davis lichtvoll gezeigt hat, in mehrfacher Wiederholung aufeinander folgen.

f. Ein durch konzentrierten, auf die Zerstörung fester Gebilde gerichteten Kraftansatz umgestaltend wirkendes Agens ist die **abradierende Arbeit der Brandungswelle.** Sie richtet ihre Angriffe gegen die Gebirge nicht von aufsen her, wie die erodierenden Agentien, sondern dieselben treffen an allen Stellen einer langgedehnten Küstenlinie unmittelbar die inneren und tieferen Teile, so dafs die oberen den Halt verlieren und nachstürzen. Die Brandungswelle zerstört, wenn ihr hinreichend Zeit gegeben ist, alles Gestein, welches durch den Wechsel von Ebbe und Flut innerhalb einer schwach ansteigenden schmalen zonalen Fläche (Brandungsstrand) in ihren Bereich kommt. Die durch Absturz gebildete senkrecht oder steil ansteigende Felsfläche, das Kliff, wird, auch wenn sie hunderte von Metern hoch ist, wieder unterwaschen und rückt durch erneuten Absturz des Gesteins landeinwärts vor. In einem gegebenen Niveau kann die Arbeit über eine gewisse Entfernung landeinwärts von der Ebbelinie nicht fortgesetzt werden, weil die aufrollende Brandungswelle ihre Kraft durch Reibung verliert. Steigt aber der Meeresspiegel langsam an, so wird die Grenze der Arbeitsleistung weiter und weiter in das Innere verlegt. Die schmale Fläche des Brandungsstrandes erweitert sich dann zur Abrasionsfläche, welche unter dem Meeresspiegel verborgen bleibt. Sie wächst an Breite auf Kosten der Festlandsgebilde; ihr oberes Ende ist durch die Brandungslinie bezeichnet, über der sich das immer weiter landeinwärts rückende Kliff erhebt. Eine Verflächung, die infolge des Härtewechsels der Gesteine und der Ungleichmäfsigkeit im Betrage der positiven Strandverschiebung mancherlei Wechsel im Relief zeigen kann, breitet sich nun über dieselben Regionen aus, wo vorher mächtige Gebirge sich erhoben. Diese werden

gleichsam hinweggefegt; nur ihre tiefsten, unterhalb der früheren Talsohle gelegenen Kerne sind durch die Abrasionsfläche blofsgelegt. Die letztere aber bleibt verhüllt; denn sie wird durch transgredierende Sedimente bedeckt, d. h. durch horizontale Schichten, welche zunächst aus den Abrasionstrümmern gebildet sind, dann aber auch von Kalksteinen und vielfachem weiterem Gesteinswechsel überlagert werden können. Die Abrasionsfläche liegt unter dem Trümmersand, welcher den seichten Meeresboden in Front steiler Kliffe kennzeichnet. Im Lauf der Zeit kann sie mit allen aufgelagerten Schichtgebilden wieder über das Meeresniveau gelangen und das Material zur Herausbildung von Gebirgen, insbesondere von Tafelland, sodann von Erosionsgebirgen und von Bruch- oder Schollengebirgen geben.

Abrasion kann in gröfserem Mafsstab nur an den dem offenen Ozean ausgesetzten Küsten stattfinden. Greift das Meer durch Lücken in der Küstenumrandung in Hohlformen des Inneren der Festländer ein, so breitet sich das Wasser bei Erhöhung des Meeresstandes oder Sinken des Festlandes ruhig über die Festlandsformen aus, ohne sie wesentlich zu verändern, und die Sedimente setzen sich auf unebener Fläche ab. Man kann sie als ingredierend, die Erscheinung als Ingression bezeichnen. Solche Sedimente verhalten sich dann ähnlich wie diejenigen, welche sich aus grofsen Süfswasserbecken niederschlagen, enthalten aber zum Unterschied die Reste mariner Faunen.

g. **Das Aufsetzen fremdartiger oder parasitischer Massen.** — Die bisher genannten Faktoren sind die wesentlichen Bildner nnd Umbildner des Grundbaues und der Gestalten der festen Erdoberfläche. Auf diesen Grundbau können örtlich fremdartige Massen in Gestalt von Bergen oder Hügelland aufgesetzt werden. Hierzu gehören vor allem die Vulkane und die aus vulkanischen Gesteinen aufgebauten Berge, deren Material durch Kanäle aus den Tiefen der Erde herausdrang und der Erdoberfläche, sei sie Gebirge oder Flachland, in parasitischer Weise aufgesetzt wurde. Vulkane sind überall Fremdlinge. Sie fehlen beinahe gänzlich denjenigen Erdräumen, in welchen innerhalb der jüngsten Perioden ein faltiges Zusammenschieben der Erdrinde stattgefunden hat, sind dagegen oft charakteristisch für solche, in welchen Bruchbildung und Absinken an geneigten Bruchflächen das leitende Motiv der Gebirgsbildung zuletzt gewesen ist.

Parasitische Gebilde sind auch die Korallenriffe, die jedoch auf den Meeresgrund beschränkt sind.

h. **Die Ausbreitung verhüllender Bodendecken über den festen Felsbau.** Pflanze, Tier und Mensch leben nicht auf dem starren Gestein, sondern sind auf den lockeren Boden angewiesen, welcher dasselbe zum gröfsten Teil überzieht und die Ausbildung besonderer Oberflächengestaltungen veranlafst. Man kann unterscheiden: a) den Verwitterungs- oder Eluvialboden, welcher durch Zersetzung und mechanische Zerstörung des Gesteins an Ort und Stelle entsteht, und b) den Aufschüttungsboden, welcher aus der Ablagerung der durch Erosion und Abrasion fortbewegten Zerstörungsprodukte hervorgeht. Wind, Gewässer des Festlandes, Gewässer des Meeres und bewegtes Eis sind die Agentien, welche die Umlagerung und Aufschüttung ausführen.

4. Morphologische Grundgestalten.

Endlos ist die Verschiedenheit der Formgebilde der Erdoberfläche, und die Mannigfaltigkeit nimmt zu, wenn man neben der äufseren Gestalt den inneren Bau und die aus beiden sich ergebende Entstehungsgeschichte in Betracht zieht. Diese aber hat sich als das geeignetste Prinzip einer systematischen Einteilung der Formgebilde erwiesen. Daher gibt der Einblick in die zuletzt betrachteten gebirgsbildenden und umbildenden Vorgänge den Schlüssel zum Verständnis in jedem Einzelfall. Andererseits ist die Bekanntschaft mit den wichtigsten der überhaupt vorkommenden Arten von Formgebilden geeignet, die Untersuchung von vornherein in solche Bahnen zu leiten, welche zur Auffindung der jeder Einzelerscheinung zugrunde liegenden genetischen Vorgänge führen können. Von diesem Gesichtspunkt aus erscheint es nützlich, einen Blick auf einige wesentliche Typen der Formgebilde zu werfen. Es ist aber zu bemerken, dafs eine einheitliche Einteilung noch in weiter Ferne liegt und auch hier nur ein Versuch gemacht werden kann, der sich von denen in den oben angegebenen Lehrbüchern ebenso unterscheidet, wie es bei diesen untereinander der Fall ist. Es ist ferner zu beachten, dafs, je weiter die Kenntnis vorschreitet, desto mehr jedes einzelne unter den selbständig aufragenden Gebirgen der Erde eigenartig und allen anderen gegenüber individualisiert erscheint. Dies erschwert die Einteilung; es kommt darauf an, die leitenden gleichartigen Züge von den nebensächlichen zu trennen.

Die vornehmste Stellung haben die Hochgebirge vom Typus der Alpen, in denen zusammenschiebende Kräfte bis in die jüngste Zeit gestaltend gewirkt haben. Der Name

„jugendliche Faltungsgebirge“ kann noch für sie beibehalten werden, wenn auch die stauende Kraft sich oft viel mehr in Überschiebung als in Faltung äufsert und die Stauung in der Regel nur auf einer Seite des Gebirges das leitende Motiv ist. Aus letzterem Grunde kann man diese Gebirge als heteromorph bezeichen. Sie bilden langgestreckte Gebirgszonen, fast ausschliefslich von bogenförmigem Verlauf, und bestehen bei normaler Ausbildung aus drei Unterzonen, nämlich einem aus kristallinischen Schiefern und Granit aufgebautem Rückgrat (dem Kernzug), einer äufseren, durch starkes Zusammenschieben, und einer inneren, durch Absenkungsbrüche und sporadische Faltung ausgezeichneten Zone. Mit ihrem Aufsenrand grenzen sie an Depressionen, die mit Schutt ausgefüllt sind oder vom Meer überflutet werden. Vulkane sind auf die innere Bruchseite beschränkt. Abwandlungen finden statt durch das Fehlen eines kristallinischen Kernzuges und durch (seltener) Eintreten stärkerer Stauung an der Rückseite. Die Gebirge dieses Typus begleiten in zusammengeketteter Reihe von Bogenlinien den europäisch-asiatischen Kontinent entlang seiner Südseite, als Abschlufs gegen südwärts folgendes fremdartiges Land, und es gehört anscheinend zu ihnen der westindische Inselbogen mit seiner Fortsetzung in Zentralamerika.

Als Gebirge der erloschenen Faltung können die durch äufsere Agentien abgetragenen, aber als Ruinen fortbestehenden Gebirge bezeichnet werden, in denen die zusammenstauenden Bewegungen in früher Zeit ihren Abschlufs gefunden haben. Die Züge der alten Architektur sind noch in aufragenden Teilen und Tälern lange erkennbar, da die durch chemische und mechanische Agentien leichter zerstörbaren Gesteine hinweggeführt und die widerstandsfähigeren übriggeblieben sind. Es ist um so schwerer, eine Grenze dieses Typus gegen den der Rumpfgebirge festzusetzen, als bei ersterem einzelne Glieder noch als Ruinen aufzuragen, andere bereits den Rumpfcharakter vollständig zu besitzen pflegen. Was die erloschenen Faltungsgebirge miteinander verbindet, ist die scharf ausgesprochene zonale Gliederung durch langgedehnte Längsbrüche. Es gehört hierher einerseits der Typus des Ural und der Appallachischen Gebirge, andererseits derjenige der Anden von Nord- und Südamerika; ersterer ausgezeichnet durch Erlöschen der Faltung seit paläozoischer Zeit und Auftreten alter Ausbruchsgesteine, letzterer durch Erlöschen intensiver Faltung in spätmesozoischer Zeit, sehr ausgesprochene Längszerlegung in nachmesozoischer und zum Teil bis in die

jüngste Zeit, durch ausgedehnte, mit Zerteilung in Bruchschollen verbundene zonale Senkungen und Hebungen, und durch reichhaltiges Auftreten jugendlicher Ausbruchsgesteine innerhalb aller Zonen. Als ein dritter Typus darf wahrscheinlich der von Neu-Seeland hinzugefügt werden.

Die räumlich verbreitetste Kategorie von Formgebilden umfaſst die starren Schollenländer, d. h. 1. solche Erdräume, wo an Stelle ehemaliger stauender Bewegungen längst Starrheit und an Stelle der durch jene geschaffenen Aufragungen durch Destruktion flächenhafter Charakter getreten ist, gleichviel ob man es mit einer nackten Rumpffläche oder mit tafelartig darüber ausgebreiteten Schichten zu tun habe; 2. alle durch Brüche und Vertikalverschiebungen daraus hervorgegangenen aufragenden Gebilde. Bei hochgelegener Erosionsbasis, wo sich die Gewässer nur flache Rinnen einschneiden, haben wir Schollenflächen, die in den Gestalten von Rumpfflächen und Tafelflächen erscheinen können. Tiefere Erosionsbasis, in deren Folge die Gewässer tiefer einschneiden, schafft Rumpfland und Tafelland. Blockartige Zerteilung schafft Rumpfgebirge oder Tafelgebirge, die man als Schollengebirge zusammenfassen kann, in groſser Mannigfaltigkeit.

Von allen diesen Kategorien heben sich die Ausbruchsgebirge ab, welche selbständig auftreten oder mit fast allen anderen Gebilden parasitisch verbunden sein können.

Endlich sind die Hohlformen zu nennen, welche von sehr verschiedener Art sind. Sie können aus ebenflächigen Gebilden durch tiefes und verzweigtes Eingreifen Gebirge schaffen. Als Folgeerscheinung des Eingrabens von Hohlformen in aufragende Gebilde wird ebenflächiges Schwemmland gebildet.

Diese einzelnen Formgebilde bedürfen weiterer Erörterung.

A. **Die jugendlichen heteromorphen Faltungsgebirge.** — Diejenigen Faltungsgebirge, in welchen, wie bei Alpen, Karpathen, Appenninen und Himalaja, die gebirgsbildenden Kräfte bis in eine kurz zurückliegende Zeit fortgewirkt haben, geben Anhalt für weitgehende Einblicke in das innere Gefüge, weil in ihnen die Spuren der Kräftewirkungen am wenigsten verwischt sind. Wer Gebirgsbau irgendwo eingehender untersuchen will, dem ist als Vorschule das Studium eines derartigen Gebirges, insbesondere gut erforschter Teile der Alpen, zu empfehlen. Innerer und äuſserer Bau bieten regional groſse Verschiedenheiten, nicht nur wenn man die einzelnen hierher gehörigen Gebirge, sondern auch wenn man einzelne Längsstrecken desselben Gebirges miteinander vergleicht. Die

folgenden Bemerkungen über Gefüge und Entstehungsursachen betreffen daher nur einiges was ihnen gemeinsam ist.

a. Der in der Regel bogenförmige Verlauf der langgestreckten Gebirgszonen kommt in vollkommenster Weise an dem konvexen Aufsenrand und in den diesem zunächst liegenden Kämmen, weniger ausgeprägt in den zentralen Zügen und am wenigsten auf der nur im allgemeinen als konkav zu bezeichnenden Innenseite zur Geltung. Diese drei zusammengehörigen, verschieden gestalteten Zonen sind nicht immer regelmäfsig angeordnet oder entwickelt.

b. Die Aufsenzone besteht aus gefaltetem und überschobenem Schichtgebirge. Die Faltungen sind meist dicht gedrängt und oft in mehrfacher Folge und wechselvoller Art gegen den Aufsenrand hin, wie durch eine von innen nach aufsen wirkende Kraft, übereinandergeschoben. Dadurch geschieht es, dafs man häufig in langen Linien Älteres über Jüngerem liegen sieht. In scharfem Gegensatz dazu steht das Vorland, dessen randlicher Teil als von den Faltungen vollkommen überwallt erscheint und wegen seiner tiefen Herabsenkung und der dadurch veranlafsten Bedeckung durch Meerwasser oder Sedimente verborgen bleibt. Wo es in einigem Abstand daraus ansteigt, sieht man Schichtgebilde von gleichem Alter mit den gefalteten des Gebirges, aber in gestreckter Lagerung und mit Faunen von ganz anderen Typen der Facies. Dadurch erscheint das Vorland als ein starrer Teil der Erdrinde, welcher ein festes Widerlager gegen die faltende und schiebende Kraft bildete. In neuester Zeit ist, zuerst durch genaue Forschungen an sehr alten Rumpfgebirgen in Schottland, dann in den französischen und Schweizer Alpen, und wiederum in sehr altem Gebirge in Skandinavien, für Überschiebungen und deckenartig überlagernde Faltungen ein horizontales Ausmafs von aufserordentlichem Betrag, bis zu mehr als einhundert Kilometer, gefunden worden Seitdem hierdurch der Blick auf einzelne bei nachfolgender Denudation übriggebliebene und gänzlich isolierte (sogenannte „wurzellose") Reste ehemaliger Überschiebungsdecken gelenkt worden ist, sind solche ältere inselartige Reste auf Jüngerem ein Beobachtungsobjekt von allgemeiner Wichtigkeit geworden. Umgekehrt zeigt die überlagernde Decke zuweilen Lücken, sogenannte „Fenster", durch welche aufragende Teile des bedeckten Gebirges sichtbar werden. Der Nachweis von Überschiebungsdecken, noch mehr von Einzelresten von solchen, sowie von Fenstergebilden, erfordert einen scharf geübten Blick. Dem Reisenden kann es aber durch sorgfältige Niederlegung dessen, was er sieht, gelingen, wenigstens die Aufmerksamkeit auf Vorkommnisse dieser Art bei wenig bekannten Gebirgen zu lenken. — Zunächst dem Aufsenrand bestehen die Faltungen in der Regel aus den jüngsten während der Gebirgsaufrichtung aus Trümmern abgelagerten Schichtformationen, während gebirgseinwärts und in gröfseren Höhen ältere Gebilde zum Vorschein zu kommen pflegen. — Die Anlage der Täler in der Aufsenzone ist verschieden. Die endogenen Vorgänge verursachen wesentlich zonale Anordnung in Längsrichtung, und manche longitudinale Bergrücken und Hohlformen in der grofsen Anlage der Gebirge lassen sich in Beziehung damit bringen. Aber bei der Ausgestaltung der Einzelformen in der Anlage von

Kämmen und Talverzweigungen haben Verwitterung, fließendes Wasser, und in vielen Fällen auch das strömende Eis der Gletscher, weitaus die Hauptrolle gehabt. Der Anordnung dieser Täler im äußeren und inneren Gebirgsbau ist eingehende Aufmerksamkeit zuzuwenden. Man sollte dabei auch die kleinsten Wasserläufe und Bodenfurchen beachten. — Eruptivgesteine fehlen den gefalteten Außenzonen fast ausnahmslos. Dagegen sind tangentiale Verschiebungen an senkrechten Querbrüchen eine häufige Form der Auslösung nach außen gerichteter Spannungen.

c. Die gefalteten Schichtgebilde der Außenzone haben in allen Fällen große Mächtigkeit und sind im Meer, in wechselnder, aber, wie es scheint, meist nicht bedeutender Entfernung von einer Küste, durch eine Reihe geologischer Perioden abgelagert worden, wobei ihre Unterfläche allmählich bis zu mindestens dem vollen Betrag der Mächtigkeit der Schichten unter den Meeresspiegel herabsank. Zuweilen lassen sich zwei oder drei durch gebirgsbildende Vorgänge getrennte Formationsgruppen unterscheiden. Da auf dem Vorland dieselben Altersstufen durch Sedimente von geringer Mächtigkeit vertreten sind, kann die Region der Senkung und der intensiven Sedimentbildung sich nicht über die Linie des gegenwärtigen Außenrandes des Gebirges hinaus erstreckt haben, umfaßte aber den jetzt von diesem eingenommenen Erdraum in seiner ganzen Längsausdehnung und viel bedeutenderer Breite. Sie hatte daher ebenfalls die Gestalt einer langgestreckten Zone. Aus demselben Grund muß die Unterfläche sich zu einer trogförmigen Gestalt herabgesenkt haben. Der sedimenterfüllte, zonenförmige Trog wird nach Dana's Vorgang als Geosynklinale bezeichnet. Für die Feststellung der Geschichte eines Gebirges ist es wichtig, zu ergründen, zwischen welchen Zeitgrenzen gleichförmige Ablagerungen von Schicht auf Schicht über der sich senkenden Unterfläche stattgefunden haben, und in welchen geologischen Epochen durchgreifende Ungleichförmigkeiten nachweisbar sind, da sich daraus einzelne Phasen der Gebirgsaufrichtung entnehmen lassen.

d. Hinter der aus gefalteten Schichtgesteinen gebildeten Außenzone erhebt sich in der Regel die wesentlich aus kristallinischen Gesteinen gebildete Kernzone und erreicht, wo normale Verhältnisse obwalten, die größte Gebirgshöhe. In ihr liegen die imposantesten Gipfelketten, und sie bildet im allgemeinen eine Hauptwasserscheide. Zuweilen finden sich in ihr aufgesetzte oder eingefaltete Reste des ältesten Teiles derselben Schichtgebilde, welche die Außenzone zusammensetzen; dann erweisen sie, daß sich einst deren gesamte Masse über den Raum ausbreitete, wo jetzt das Kerngebirge ansteigt, und daß die Gesteine des letzteren ehemals dem am tiefsten versenkten Untergrund der Geosynklinale angehörten. Es darf als ein Hauptmoment der Deformierung, welche diese erlitten hat, bezeichnet werden, daß die Unterlage durch die gesamte Mächtigkeit der Schichten in einem Gesamtausmaß, welches wahrscheinlich in manchen Fällen 10—15 Kilometer erreicht, hindurch emporgeschoben worden ist. Der Nachweis von Resten der Trogausfüllung innerhalb der Kernzone ist daher von großer Bedeutung für die Erkennung der Geschichte eines Gebirges. Es ist darauf zu achten, ob die Kernzone, wie in den Ostalpen, einheitlich verläuft, oder, wie in den Westalpen, in einzelne Massive zerfällt, welche durch muldenförmig eingeklemmte

Reste einer ehemals allgemein ausgebreiteten Sedimentdecke von einander geschieden werden.

e. Die Sonderung einer durch besondere Eigenschaften ausgezeichneten Zone auf der Erdoberfläche, daher die Vorgeschichte des Gebirges, mufs spätestens in dem Zeitalter begonnen haben, in welchem die Sedimente sich innerhalb des jetzt durch das Gebirge bezeichneten Raumes anders und mächtiger als in dem Vorland zu entwickeln begannen. Denn während der Untergrund der Schichtbildungen auf diesem (soweit die Beobachtungen reichen) nie eine bedeutende Tiefe unter dem Meeresspiegel erreichte, sank er in jener Zone aufserordentlich tief. Die Ursache des Herabsinkens des Untergrundes wird in der Last der immer mächtiger sich anhäufenden Sedimente gesucht, kann aber nicht als aufgeklärt gelten; nur die Tatsache läfst sich erkennen. Es gehört zu den bei theoretischen Spekulationen in erster Linie zu berücksichtigenden Momenten, dafs hochaufragende Faltungsgebirge sich an solchen Erdstellen erheben, wo vorher das Herabsinken der Unterfläche der Sedimente seinen höchsten Betrag innerhalb eines gröfseren Erdrindenteiles erreicht hatte. Um so bemerkenswerter ist es, dafs am Colorado eine mächtige Reihe von Sedimentgebilden horizontal gelagert ist, ohne zur Bildung eines Faltengebirges Anlafs gegeben zu haben. — Während der Periode der Gebirgserhebung ist die Erdrindenbewegung der vorhergegangenen entgegengesetzt; denn während das Vorland auch weiterhin den Charakter einer starren Scholle bewahrt und in schwachen Oszillationen bald eine seichte Meeresbedeckuug erfährt, bald Festland bildet, vollzieht sich in dem Raum der Geosynklinale unter faltigem und scholligem Zusammenschieben der Schichten eine Erhebung weit über das frühere Meeresniveau hinaus.

f. Die Erscheinungen an der Innenzone der Faltungsgebirge weichen in fast allen Fällen von denen der Aufsenseite weit ab. Den Hauptanteil am Gebirgsbau haben zwar wesentlich Schichtgebilde aus denselben Zeitaltern, wenn auch oft etwas abweichend und weniger mächtig entwickelt; jüngere Faltungen aber spielen in der Regel eine untergeordnete und örtlich beschränkte Rolle; die Lagerung ist wesentlich in gebrochenen Tafeln, und diese sind durch Absinken an geneigten Bruchflächen vertikal gegeneinander verschoben. Es ist, als ob während oder nach der Emporhebung Zerrungen und Streckungen der Schichtgebilde und in weiterer Folge ein Zurücksinken einzelner Teile stattgefunden hätten. Häufig öffnen sich Wege für Eruptivgesteine, und in vielen Fällen endigt das Gebirge an seinem innersten Rand mit einer sehr tiefen Beckensenkung, in der Art der pannonischen, oberitalischen und tyrrhenischen. Mit Ausnahme einiger oft sehr grofser, in der Tektonik begründeter Längstäler herrschen Täler, welche quer zum Streichen des Gebirges gerichtet sind, aber vielfache Unregelmäfsigkeiten zeigen und nicht selten tektonisch abgelenkt werden. Die Erscheinungen bieten grofse Mannigfaltigkeit. Sie weisen auf seitliche Verschiebung tief gelegener plastischer Massen oder auf Schrumpfung infolge Herabgehens der Geoisothermen.

Die Anschauungen über die Ursachen der Entstehung und den Mechanismus der Bildung von Faltungsgebirgen haben im Lauf der Zeit vielfache Änderungen erfahren und sind noch

stetig in der Weiterentwickelung begriffen. Das letztvergangene Jahrzehnt hat manches Neue darin gebracht. Die Lehrbücher der Geologie geben darüber allgemeine Belehrung. Für den Reisenden kommt es darauf an, mit dem Wesen dieser Gebirge vertraut zu sein, um, wenn er in die Lage dafür kommen sollte, durch eigene Beobachtungen neues Material für die vergleichende Kenntnis der Gebirge beizubringen. Er sollte es sich angelegen sein lassen, in möglichst vielen Querschnitten den Bau des Gebirges, die Altersstufen, den Gesteinscharakter und die Mächtigkeit der darin auftretenden Formationen, ihre Lagerungsverhältnisse auf der Aufsenseite und auf der Innenseite, ihre Beziehungen zu dem Kerngebirge, die beiderseitigen Unterschiede in Berggestalten und Hohlformen, das Auftreten der Eruptivgesteine, die grofsen Bruchbildungen und Senkungen auf der Rückseite und vieles andere zu untersuchen und durch möglichst exakte Plan- und Profilzeichnung darzustellen. Dazu kommt das Verhältnis des Gebirges zu seinem Vorland und zu den der Innenseite sich anschliefsenden Erdräumen.

B. **Erloschene Faltungsgebirge.** — Betreffs dieser Gebirge kann auf das oben (S. 250) Gesagte verwiesen werden. Beobachtungen über sie sind der vergleichenden Untersuchung wegen und zur Abgrenzung gegen die Kategorien der Schollengebirge erwünscht.

C. **Die Rumpfflächen.** — Dieser Name bezeichnet solche mehr oder minder ebenflächige, meist sehr weit ausgedehnte Formgebilde, welche sich in ihrem durch die Oberfläche abgeschnittenen inneren Gefüge als ausgeflachte Teile des Unterbaues verschwundener Faltungs- und Überschiebungsgebirge zu erkennen geben. Kristallinische Schiefer aller Art, Granite und andere Massengesteine, dann Tonschiefer, Quarzite, Grauwacken und alte Sandsteine, alle aufgerichtet, zusammengeschoben und gefaltet, sind in der Regel die wesentlichsten Bestandteile. In höheren Breiten sind sie meist bis zur Oberfläche in frischem Zustand erhalten. In feuchtwarmem Klima hingegen findet man gewöhnlich gerade die sonst harten Gesteine, wie Granit und Gneifs, durch Zersetzung weich und schneidbar geworden; doch zeigen sie meist noch deutlich ihren mineralischen Bestand; andere, wie die tonigen und kieseligen Gesteine, oder Gänge von Quarz und Pegmatit, haben der Zersetzung Widerstand geleistet. Um den Schichtenbau zu untersuchen, mufs man sich an die Einschnitte der Gewässer halten; am deutlichsten tritt er, wenn die Rumpffläche an brandendes Meer grenzt, in quergerichteten Teilen

des Kliffs hervor. An der Oberfläche ist er meist durch Eluvialgebilde undeutlich.

Solche nicht durch Auflagerungen verhüllte Rumpfflächen bieten in Europa z. B. die Bretagne, das südliche Rufsland und die flächenhaften Teile auf den Höhen des skandinavischen Blockes. Sie nehmen grofse Gebiete in den Südkontinenten ein, ebenso in Canada, und bilden die vorzüglich untersuchte Piedmont-plain im Osten der Appallachischen Gebirge. Sie lassen ihren Charakter noch erkennen, wenn sie, wie in Canada und Finnland, durch Glazialgebilde streckenweise verdeckt werden.

Die Rumpfflächen sind eingehenden Studiums wert, da ihre oben (S. 246) im allgemeinen skizzierte Entstehungsart der Erklärung noch viele Schwierigkeiten bietet. Es lassen sich zweierlei Vorgänge als genetisch zugrunde liegend erkennen. Der eine ist die Abwitterung von aufsen her bei gleichbleibender oder mindestens nicht herabgehender Erosionsbasis. Je weiter sie in einem Faltungsgebirge oder irgendeinem Gebirge vorschreitet, desto mehr werden die höheren Teile erniedrigt und die tieferen Böden ausgeflachter Hohlformen mit Schwemmgebilden bedeckt werden. Sind jedoch die ersteren so weit abgetragen, dafs das Wasser die gelockerten Teile nicht mehr zu transportieren vermag, so kommen diese bereits dort zur Ablagerung. Das Endergebnis in einem weit vorgeschrittenem Stadium würde bei gleichbleibendem Klima in der Schaffung einer mit gröfstenteils durch Trümmermassen verdeckten Destruktionsfläche bestehen, in welcher die widerstandsfähigeren Gesteine teils in leichteren zonalen Bodenschwellungen, teils in Einzelerhebungen aufragen würden. Die vorher bezeichneten Rumpfflächen weisen das letztere Merkmal auf; besonders sind die Inselberge in Afrika charakteristisch und gehören, nach Passarge's Darstellung, zu den auszeichnenden Merkmalen grofser Gebiete in diesem Erdteil; aber es bleibt bei dem labilen Charakter der Grenze zwischen Land und Meer schwer verständlich, wie die Erniedrigung durch exogene Vorgänge zu so weitgehender Einebnung zu führen imstande ist, und wie es möglich ist, dafs grofse Erdräume von Oberflächenschutt gänzlich entblöfst worden sind. Der Nachweis eines wiederholten Wechsels von Pluvialzeiten mit erhöhter spülender Arbeit und von Trockenperioden mit intensiver Windwirkung könnte einen Schlüssel für die Erklärung geben. Für Beobachtung und Argumentierung nach diesen Richtungen gibt Passarge's Buch „Die Kalahari“ vorzügliche Fingerzeige.

Der andere Vorgang ist die abradierende Wirkung

der Brandungswelle bei positiver Strandverschiebung, auf welche oben (S. 247) hingewiesen worden ist. Sie strebt, die Gebirge unterhalb ihrer tiefsten Tälsohlen hinwegzuschleifen und an ihrer Stelle eine gleichförmige, allmählich ansteigende Fläche zu schaffen, die aber in der Regel sofort mit den in Schichten abgelagerten Produkten dieser Zerstörung transgredierend bedeckt wird. Bei vollkommener Wirkung würde die Fläche hartes und weiches Gestein ebenmäfsig durchziehen. Doch wird diese Entwickelung wegen der Ungleichmäfsigkeit und des oszillierenden Charakters der Strandverschiebungen und wegen der Härteunterschiede der Gesteine nie ganz, wenn auch zuweilen in erstaunlichem Grade, erreicht. Damit wird der innerste Kern der Faltungsgebirge blofsgelegt. Die Abrasionsfläche aber sinkt, während sie auf Kosten der Gebirge des Festlandes anwächst, langsam in das Meer hinab. Wird dann in einer späteren Periode die Verschiebung der Strandlinie in das Gegenteil verkehrt, d. h. sinkt der Meeresspiegel, oder steigt die Erdfeste, so wird zunächst die Decke der transgredierenden Sedimente trockengelegt und erscheint als Tafelland. Diese Form der Schollenländer soll erst an zweiter Stelle besprochen werden, weil das Wesen der Tafelländer sich nur aus der Struktur ihres Untergrundes vollkommen erkennen läfst. Schliefst sich das trockengelegte Gebiet einer vormaligen Küste an, so folgen die von letzterer kommenden fertig gebildeten Ströme dem Rückzug des Meeres; taucht hingegen der Meeresgrund mitten aus dem Ozean auf, so fliefst vom ersten Beginn der Landbildung, und dann den weiteren Stufen seiner Vergröfserung folgend, das niederfallende Wasser in der Richtung des Gefälles ab. In beiden Fällen ist diese in der Regel nahezu rechtwinklig zu dem Schichtenstreichen und der ehemaligen Achse des abradierten Gebirges; infolgedessen wird die Grundform der Talbildung durch Kanäle bestimmt, welche, so wie sie die auflagernden Sedimente durchschnitten haben, als Quertäler im Verhältnis zu den Faltungen des abgeschliffenen Grundgebirges erscheinen. Ist eine hinreichende relative Höhenlage im Verhältnis zur Erosionsbasis erreicht, so können die Sedimente durch Denudation entfernt werden, wenn auch oft Reste der Auflagerung stellenweise zurückbleiben werden. Doch kann dies nicht ohne Einreifsen tiefer Erosionsrinnen in das abradierte Felsgerüst geschehen. Einer wohlausgebildeten, unverritzten oder schwach eingeschnittenen Rumpffläche kann daher, entgegen früher von mir ausgesprochener Ansicht, dieser Vorgang nicht zugrunde

liegen. Als Unterlage von Schichtgebilden tritt die Abrasionsfläche häufig und in grofser Ausdehnung auf. Sie kennzeichnet sich dann, wie an der Untergrenze des Cambrium im nordöstlichen China, einerseits durch das Vorrücken späterer Ablagerungen über die Festlandsgrenzen der früheren hinaus, andererseits dadurch, dafs klastische Gebilde, zum Teil mit grofsen Blöcken, wenigstens streckenweise die tiefsten Schichten zu bilden pflegen. Auch können einige klippenartige Aufragungen, welche dem Wogenprall nicht unterlagen, von den Sedimenten umhüllt werden.

D. **Die Tafelflächen und Tafelländer.** — Mit dem Namen „Tafelland“ sollte man nicht, wie es oft geschieht, hochgelegene Erdräume von nicht durchaus gebirgigem Charakter, ebensowenig eine muldenförmige Hochfläche bezeichnen, sondern ihn auf diejenigen Fälle beschränken, wo die Gestalt der Oberfläche durch den Aufbau ihres Untergrundes aus nahezu horizontal, d. i. tafelartig gelagerten festen Gesteinen bestimmt wird und dieser Tafelbau durch nachträglich hervorgebrachte Unebenheiten, insbesondere eingefurchte Täler, deutlich hervortritt. Wie man den einer steilen Felsküste vorliegenden Sandstrand erst dann richtig beurteilt, wenn man sich bewufst ist, dafs die losen beweglichen Massen eine Abrasionsfläche verhüllen, so wird auch das Wesen der grofsen regionalen Tafelländer erst klar, wenn man die sie zusammensetzenden Gebilde als deckenartige Auflagerungen auffafst, welche auf einem Unterbau von anderer Art ruhen. Vollkommene Tafelstruktur gibt Zeugnis, dafs seit ihrer Bildung faltende Erdrindenbewegungen innerhalb ihres Bereiches sich nicht zugetragen haben. Der horizontale Schichtenbau einer ausgeebneten Tafelfläche ist zuweilen nur an den Seiten einer einzigen eingeschnittenen Rinne und ihren Zuflufsfurchen, wie im Elbsandsteingebirge, oder an den äufseren Abfallsrändern kenntlich. In anderen Fällen kann Tafelland durch vielfache Verzweigungen von eingeschnittenen Flüssen zu einem Erosionsgebirge aufgelöst sein, wie das „Rote Becken“ der Provinz Sz'tschuan im westlichen China, oder das Siebenbürgische Becken.

Je nachdem Sedimentgesteine oder oberflächlich ausgebreitete Eruptivgesteine (gewöhnlich Basalt oder Dolerit, seltener Porphyr oder Diabas) den tafelartigen Charakter der Oberfläche bedingen, kann man Schichtungstafelland und Übergufstafelland unterscheiden. Das Schichtungstafelland kann aus Meeressedimenten (marines Tafelland) oder Binnenablagerungen (kontinentales Tafelland) bestehen.

Im ersteren Fall können die Schichten in einer kleineren oder gröfseren Ingressionsbucht (s. S. 248) über ganz unebenem Untergrund abgelagert, oder ein trockengelegter Teil des Bodens eines offenen Ozeans sein; dann wird als Untergrund meist eine Abrasionsfläche nachweisbar sein oder vorausgesetzt werden dürfen. Manchmal wird er in grofser Tiefe liegen.

Wo marine Versteinerungen vorkommen, besteht kein Zweifel über die Art des Ursprungs der Gesteine. Ebenso sichere Schlüsse ergeben sich, wo Reste von Landpflanzen in tonigen oder sandigen Schichten eingeschlossen sind. Aber weite Tafelländer im Inneren der Kontinente bestehen aus fossilleeren roten oder grauen Sandsteinen, deren Ursprung auf Festlandsflächen angenommen werden mufs, wie auf den Südkontinenten, in Indien und dem südöstlichen Asien. Zum Teil steht ihre Ablagerung durch fluviatile Einschwemmung in sehr ausgedehnte Binnenbecken aufser Zweifel. In anderen Fällen ist äolische Ablagerung (s. Abschn. C. II. 5.) oder äolische Umlagerung fluviatiler und limnischer Sedimente wahrscheinlich. Gründliche Erforschung der Art der Lagerung dieser Sedimente ist wichtig für die Beurteilung der Geschichte der betreffenden Erdräume und ihres vormaligen Klimas.

Bei Schichtungstafelländern aller Art sind die Formen und Beschaffenheit der Oberfläche trotz anscheinender Einförmigkeit genau zu beobachten; ebenso der Übergang zu anderen Landschaftsformen an den Rändern. Manches Tafelland stürzt, wie abgebrochen, steil auf tieferes Land ab; der Übergang kann aber auch durch eine grofse Flexur vermittelt werden. Häufig findet man eine Aufbiegung der Schichten gegen den Rand hin, so dafs eine dem letzteren parallele, zuweilen durch Staffelbrüche in mehrere sich allmählich abstufende Höhenzüge geteilte Anschwellung entsteht. Von Interesse ist in diesem Fall das Verhalten der Flüsse, besonders wenn sie die randliche Anschwellung zu durchbrechen vermocht haben.

Das Wesen des Übergufstafellandes beruht darin, dafs viele Eruptivgesteine der Tertiärzeit ungemein leichtflüssige Massen gewesen sind, welche sich in Gestalt vollkommen ebenflächiger Tafeln auszubreiten vermochten. War der Untergrund uneben, so füllten sie dessen Hohlformen aus, während die erhabeneren Teile (wie am Südrand der Mongolei gegen China) inselförmig aus den Gesteinstafeln aufragen. Nicht selten findet man Schichtungstafelland durch eine Decke von Eruptivgesteinen überlagert, so dafs diese den Oberflächencharakter bestimmt. Wo solche Decken in gröfserer Zahl

übereinander geschichtet sind, sollte man beachten, ob sie durch Tuffabsätze oder andere Sedimente voneinander getrennt werden, und ob sich in diesen Reste von Land-, Süfswasser- oder Meeresbewohnern finden. Abgesehen von der Feststellung des geologischen Alters kann man dadurch Aufschlufs über die Dauer der zwischen der Bildung zweier Decken verflossenen Zeit gewinnen.

Unter den sonstigen Gesichtspunkten der Beobachtung möge derjenige hervorgehoben werden, welcher sich auf die Einschnitte in Tafelländern bezieht. Wo das Wasser Erosionsfurchen gegraben hat, zeigen diese meist eine scheinbar regellose Anordnung; doch ist im einzelnen Fall zu beobachten, ob nicht zuweilen die kleineren unter ihnen durch Kluftrichtungen beeinflufst werden, welche bei leichter Verbiegung, wie bei einer Glasplatte, infolge von Spannungen entstehen können und dann in zwei oder mehr parallelen Systemen angeordnet zu sein pflegen. Die Tiefe der Furchen richtet sich nach der Tiefenlage der Erosionsbasis, der Länge des Weges zu ihr, der Dauer der Zeit, in welcher die Erosion geschah, der Wassermasse, welche früher gröfser oder geringer als die gegenwärtige gewesen sein kann, und der Härte der Gesteine. Wird ein Tafelland bei trockenem Klima von einem gröfseren Strom durchzogen, so erhalten die Furchen eine scharfe, steilwandige Gestalt (Nil, ägyptische Wadi's, Colorado-Tafelland); denselben Einflufs übt auch bei Regenreichtum senkrechte Zerklüftung und gleichbleibender Charakter des Gesteins in vertikalem Sinn (Sächsische Schweiz). Gewöhnlich aber verbreitern sich die Furchen im Querschnitt nach oben, indem durch atmosphärische Einflüsse die Seiten abgetragen werden. Diese Stellen und die Abfälle nach aufsen dienen am besten zur Beobachtung des Schichtenaufbaues. Fortschreitende Erosion bringt zweierlei Wirkungen hervor. Sind die tieferen Schichten weich und leicht zerstörbar, die oberen hingegen hart, so werden die Furchen breit und schaffen sich einen ebenen Boden, während die Abfälle aufserordentlich steil sind. Zuletzt bleiben nur noch einzelne, oft sehr grofse und weit voneinander getrennte Tafeln oder Schollen als Fragmente übrig. Wenn aber umgekehrt die unteren Schichten härter sind als die oberen, oder wenn, was in der Regel der Fall ist, ein vielfacher Härtewechsel der Gesteine stattfindet, so fallen von den oberen Teilen aus die Gehänge in Terrassen nach den in der Tiefe engen Schluchten ab. Zuletzt bewahren nur noch einzelne Rücken die ursprüngliche Höhe. Von ihnen aus erkennt man noch, wie einst eine ebene Fläche sie ver-

band. Die einzelnen Gehängeterrassen sind von sehr verschiedener Höhe und können entweder durch steile Böschungen oder durch breite, an die Stelle der weicheren Schichten tretende Verebnungen voneinander getrennt sein; sie umziehen mäandrisch das Haupttal und alle Verzweigungen der seitlich in dasselbe mündenden Täler und Schluchten. Besondere Beachtung ist dem rückwärtigen Einschneiden der Gewässer im Tafelbau zu widmen.

Schwieriger sind zuweilen auf Tafelländern diejenigen Unterbrechungen der Ebenflächigkeit zu erkennen, welche auf Bruch und Verwerfung beruhen; sie bieten stets Interesse hinsichtlich der Anlage des Wasserabflusses und sind oft von Wichtigkeit für die Lage der Ansiedlungen, welche sich gern an den Fuſs der langgestreckten Mauern halten, wenn die höhere Staffel in einer solchen gegen die tiefere abbricht. Auch gewinnen sie erhebliche Bedeutung in Tafelländern, deren Schichtgebilde Steinkohlenflöze einschlieſsen.

Die Teile der Oberfläche der Tafelländer, welche durch unverritzte horizontale Schichten gebildet werden, verbergen sich in feuchten Ländern unter einer vegetationsbedeckten Bodenlage. Dagegen bieten sie in trockenen Gegenden manchen Stoff für Beobachtung, insbesondere über Zerstörung des Gesteins durch den Wechsel von starker Insolation und Abkühlung, über die fegende und schleifende Wirkung des Windes, über Erscheinungen der trockenen Verwitterung und Erosion; denn selbst wo hin und wieder Regen niederfällt, ist dem Wasser auf ebenem Felsboden nur geringe mechanische Wirkung gewährt.

E. **Die Schollengebirge.** — Sie gehen aus der Zerlegung des unbedeckten oder bedeckten Schollenlandes in einzelne Teile und der Vertikalverschiebung dieser Teile hervor. An derselben Stelle, wo vormalige Faltungsgebirge zu Rumpfflächen abgetragen sind oder Tafelländer sich ausbreiteten, entstehen durch das Einsetzen endogener Kräfte aufs neue Gebirge und abgesenkte Erdräume. Groſse Verschiedenheit im äuſseren Charakter ist vorhanden, je nachdem eine vertikal verschobene Bruchscholle aus gefaltetem Grundgebirge allein, oder aus diesem mit einem Überbau von Sedimentgesteinen besteht. Bildet sie mit dieser doppelten Zusammensetzung einen hochaufragenden Klotz, so wird das Schichtgestein zuerst abgetragen, und es bleibt ein Block übrig, welcher, inmitten einer Umgebung von Schichtungstafelland, den Unterbau allein noch erkennen läſst; wird sie hingegen tief hinabgesenkt, so kann die Denudation in der ganzen Umgebung das Sedimentgestein hinwegräumen,

während es in dem versenkten Fragment erhalten bleibt, wie es häufig bezüglich der nicht zerstörbaren Schichten der produktiven Steinkohlenformation, z. B. in Zentralfrankreich, in Schottland und in Schantung, der Fall ist.

Unter den vielen Formen, welche bei der Umgestaltung der grofsen Schollenländer entstehen, können nur einige genannt werden. Jede gilt nach der tektonischen Anlage in gleicher Weise für die Deformation einer einfachen Rumpffläche wie für diejenige eines Tafellandes. Der ursprüngliche physiognomische Unterschied der Gebilde dieser beiden Kategorien wird aber durch die Denudation erhöht.

Flache Ausbreitung liegt der gestreckten Rumpffläche und der gestreckten Tafelfläche zugrunde. Befindet sich ein Teil in etwas höherer Lage als die Umgebung, so entstehen die aufragende Rumpffläche und das aufragende Tafelland. Bei beiden Formen kann die horizontale Ausdehnung innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken. Das Rheinische Schiefergebirge mit Ardennen oder das von der Bretagne eingenommene Fragment der armorikanischen Rumpffläche sind Beispiele von mäfsiger, der Harz ist ein solches von geringer Ausdehnung. An den Grenzen gegen ihre Umgebungen kann man beobachten, ob sie als Horste, d. h. durch Brüche gesondert, aufzufassen sind, was für die kleineren immer gelten wird, oder ob sie sich bruchlos hinabsenken.

Unter den Motiven, welche der Umwandlung des Schollenlandes in Rumpfgebirge und Tafelgebirge zugrunde liegen können, seien genannt: a) die Aufwölbung durch Eindringen eines Lakkolithen oder eine sonstige treibende Kraft, z. B. das örtliche Heraufgehen der geoisothermischen Flächen (s. oben S. 243); b) die Durchfurchung eines aufgewölbten Gebietes durch grabenartige Absenkung eines Teils, infolge Rückganges der wölbenden Kraft; c) die Schiefstellung eines herausgelösten Schollenteiles, wodurch die ziemlich häufig vorkommende Keilform entsteht. Es ist dann zu untersuchen, ob eine durch Grabensenkung getrennte gegenständige Keilscholle vorhanden ist, wie bei Schwarzwald und Vogesen; d) Absenkungen an den Rändern eines Schollenteiles. Es entstehen dadurch Rumpfhorste und Tafelhorste. In beiden Fällen ist festzustellen, ob bei dem so herauspräparierten Gebirgsblock die Längsachse mit der Streichrichtung im Bau des Rumpfes übereinstimmt, oder ob sie ungefähr rechtwinklig (wie bei

Thüringer Wald oder Harz) oder diagonal dazu gelegen ist; auch ob die Absenkung an gegenüberstehenden Längsbrüchen gleichwertig ist, und ob nicht der Block nach einer Seite etwas übergeschoben erscheint. Erhebt sich ein Rumpfhorst aus Tafelland, so ist auch zu beachten, ob Reste seiner ehemaligen Überlagerung durch dieselben Schichtgebilde noch vorhanden sind.

Zur Erläuterung des Wesens der Schollengebirge mögen einige weitere heimische Beispiele hier Platz finden: Das Rheinische Schiefergebirge ist aus den gegen Nordwest überfalteten silurischen nnd devonischen Schichten einer überaus mächtigen Geosynklinale aufgebaut. Die Schichten der Steinkohlenformation sind auf der Vorderseite noch ein wenig gefaltet; auf der Rückseite liegen sie flach ausgebreitet. Das Gebirge ist zu einer Rumpffläche abgetragen, und diese ist jetzt durch ihre relative Höhenlage aufragend, daher von Flüssen durchfurcht. Transgredierende Schichten sind hier und da durch E nkeilung infolge grabenartiger Versenkungen erhalten. Auf Grund sorgfältiger Beobachtung ist die Höhe des ehemaligen Gebirges an der zu Belgien gehörigen Vorderkante zu ungefähr 6000 Meter über dem jetzt noch vorhandenen Rumpf geschätzt worden. Seit der Karbonzeit ist in diesem Erdraum Starrheit eingetreten. — Zu den Rumpfgebirgen gehören ferner im nordwestlichen Europa: das asturisch-cantabrische Gebirge und alle anderen aufragenden Gebirge der iberischen Meseta, das „Zentralplateau“ von Frankreich, die Hügelländer, welche sich allseitig um Irland erheben und die westlichen Gebirgsvorsprünge von England bilden, die schottischen Gebirge, die Hauptmasse der skandinavischen Halbinsel, der Harz, das Erzgebirge, die Sudeten, das bayrisch-böhmische Gebirge Alle diese stellen den Grundbau ehemaliger Faltungsgebirge dar. Ihre Erhebung über die Umgebungen, daher ihre Natur als aufragende Gebirge, verdanken sie wahrscheinlich zum Teil einem Aufsteigen, in noch ausgedehnterem Mafs aber den an Brüchen geschehenen Versenkungen ihrer Umgebung. Teils haben sie den Charakter von Horsten, teils erscheinen sie als einseitig geneigte und nach der anderen Seite mit steilem Bruchrand abfallende Schollen, und einige von ihnen, wie Schwarzwald und Vogesen, tragen noch auf ihren Flanken die Decke der transgredierenden Sedimente. Durch die Bruchbildung und die damit verbundenen vertikalen Verschiebungen entstanden neue Wasserscheiden. Insoweit nicht weite, langgestreckte und gewöhnlich dem Schichtenstreichen folgende, durch Absenkung entstandene Hohlformen (z. B. im Südosten des Erzgebirges und im bayrisch-böhmischen Waldgebirge) Sammelrinnen für die Gewässer darbieten, sind alle Täler reine Erosionsbildungen und grofsenteils epigenetisch entstanden; Faltung und Aufschiebung üben nur insofern Einflufs, als sie die Lagerung der Gesteine bestimmen, unter denen die Gewässer sich die weicheren zur Ausarbeitung der Zuströmungsfurchen aussuchen. Es gehören hierher aber auch die mannigfaltig zerbrochenen Trias-Schollen im mittleren Deutschland. — Wer sich an heimischen Beispielen den Blick für die Beobachtung in anderen Ländern schärfen will, wird in dem noch immer an hervorragender Stelle zu nennenden Werk von A. Penck: „Das Deutsche Reich“ (Leipzig 1887) reiche

Belehrung und eine allgemeine Grundlage gewinnen, um sich an der Hand speziellerer Literatur dem Studium des einen oder anderen Gebirgsteiles zuzuwenden.

Zu den Schollengebirgen in grofser regionaler Anlage gehören auch die Randschwellenbogen der Landstaffeln, welche ein herrschendes Element in dem Bau von Ostasien sind. Sie sind das Ergebnis vertikaler Verschiebungen an zwei bogenförmig sich vereinigenden Bruchssystemen, von denen nur eines Beziehungen zum inneren Bau hat. Diese Landstaffeln sind grofse Schollen der Erdrinde, deren jede in ihrem westlichen Teil gegen die dort angrenzende gesenkt ist und in der Regel nach dem gehobenen Rand im Osten und Süden ansteigt; hier fällt sie nach der nächst östlicheren, ebenso gesenkten steiler ab, und an dieser wiederholt sich der gleiche Vorgang. Das Absenken geschieht zum Teil in Staffelbrüchen. Vulkane geben hier häufig der zugrunde liegenden Zerrungsbewegung äufseren Ausdruck. Es wäre von Interesse, ebenso hier wie an ähnlichen Gebilden in anderen Gegenden, z. B. in Südafrika, die Erscheinungsform eingehender zu untersuchen.

F. Hohlformen und Schwemmland. — Hohlformen sind alle natürlichen Einsenkungen in der Oberfläche, ob klein oder grofs, ob langgezogen und eng, oder breit und weit. Die Ozeantröge sind dem Festland gegenüber Hohlformen, ebenso wie die kleinste Schlucht der Gebirge. Die Entstehung kann tektonisch sein, d. h. auf Deformierung im Gefüge der Erdrinde beruhen, oder in äufseren Vorgängen begründet sein. Die Gestalt der Hohlformen von beiderlei Entstehung kann sehr verschieden sein: gestreckt und tief, oder weit und flach, mit Übergangsstufen von allerlei Art. Der Boden kann eben, oder unter den verschiedensten Winkeln und unter verschiedenen Graden der Gleichförmigkeit abgedacht, oder wannenartig eingetieft sein; letzteres wiederum in der Gesamtausdehnung der Hohlform, oder an einer oder mehreren Stellen der ebenen oder abgedachten Böden. Die Begrenzung kann zwei- bis dreiseitig oder allseitig sein; danach kann man die Hohlformen offen, halb offen, oder geschlossen nennen. Eine jede Hohlform kann von einem Strom durchflossen sein, der sie entweder schuf, oder als Fremdling hineinkam und sie umzugestalten strebt; sie kann aber auch wasserlos sein, wie die Dolinen der Karstlandschaft und zahlreiche Senken der abflufslosen Länder. Ist die Hohlform eingetieft, d. h. rings geschlossen, so kann sie, je nach dem Verhältnis von Speisung und Verdunstung, wasserlos sein, oder einen See enthalten, und dieser kann entweder nur den tiefsten Teil einnehmen und abflufslos

bleiben, oder über die niederste Stelle in der Umrandung abfliefsen. Im ersteren Fall wird er oft salzreich, im letzteren stets süfs oder salzarm sein. Manche Arten von Hohlformen werden bei Behandlung der Erosionsvorgänge und der Seen zur Sprache kommen; doch sei hier auf einige allgemeine Kategorien hingewiesen:

a) Hohlformen, welche in erster Linie in der tektonischen Ausgestaltung beruhen. Dahin gehören: 1. Die grofsen im Gebirgsbau der Festländer eingetieften Landsenken, welche, wie die des Tsad-Sees oder des Ngami-Sees oder des Lob-Sees, geschlossen sind und eine Wasseransammlung von schwankender Gröfse im tiefsten Boden haben, oder, wie die des Kongo, des Ebro, der castilischen Flüsse, des inneren Kleinasiens, des böhmischen Beckens, oder des Beckens von Sz'tschuan, ohne Seebildung durch eine oder mehrere Scharten in der Umwallung entwässert werden. Es ist schwer zu entscheiden, ob einer solchen Eintiefung das Aufsteigen der Umwallungen, die Abdämmung durch das Aufsteigen einer von ihnen (insbesondere, in den letztgenannten Fällen, der von dem Entwässerungsstrom durchflossenen Umwallung), oder das Hinabsinken der zentralen Teile zugrunde liegt. Ein Urteil läfst sich nur durch umfassende Kenntnis der Umrandungen und der Beckenausfüllungen gewinnen. In allen Fällen ist auf Anzeichen von Unterschieden in der Höhe der ehemaligen Wasserausfüllung und sonstige Merkmale klimatischer Änderungen zu achten. — 2. Die Bruchsenken. So kann man die Böden abgesenkter Flügel an Gebirgsbrüchen bezeichnen. Dem aufragenden Rand eines gebrochenen Schollenteiles entspricht eine einseitige Bruchsenke, und wo der Bruch in Staffeln sich vollzieht, entstehen Parallelsysteme von einseitigen Bruchsenken, wie an der Südseite einiger ostasiatischer Landstaffeln. In der ursprünglichen Anlage findet in der Regel ein Ansteigen der abgesenkten Fläche nach der anderen Seite hin statt. Einfache Gebilde dieser Art sind häufig. — Eine besondere Form sind die Querbruchsenken, wo ein Gebirge an einem Querbruch in die Tiefe gesunken ist, wie die Alpen bei Wien und das Tsinling-Gebirge in Honan. Grabenbruchsenken liegen zwischen den Bruchwänden von zwei gegenständigen Schollenteilen. Bei ihnen, wie bei den vorhergehenden, ist der Vertikalabstand (nach Schichtenmächtigkeit) zwischen den durch Bruch auseinandergerissenen Teilen eines deutlicher erkennbaren Gebildes zu messen. Auch ist auf Staffelsenkung und auf das Vorkommen von heifsen Quellen und Vulkanen zu achten, und bei Grabenbrüchen ist zu unter-

suchen, ob die beiden Gegenwände in tektonischer Höhe einander entsprechen, oder eine von ihnen eine tiefere Lage einnimmt. — 3. Die breite, offene Hohlform zwischen den Abdachungen von zwei selbständigen, einander parallelen Gebirgen ist als Zwischensenke bezeichnet worden. Sie ist wichtig für Stromanlage und freien Völkerverkehr. — 4. Von ähnlicher Bedeutung für erstere, aber umgekehrter für die Menschen, insofern sie zur festen Siedelung Anlafs geben, sind die Spitzsenken, wie sie am Westrand der asiatischen Gebirge zwischen Altai und Hindukusch durch winkelige Kettung von Gebirgen, oder in Columbien durch Virgation gebildet werden. — 5. Es gehören hierher auch die tektonischen Längstalzüge in den auf Zusammenschub beruhenden Gebirgen, insofern die tektonischen Bewegungen den ersten Anlafs für sie gaben. Erosion hat sie umgestaltet. In der Regel teilen sich in sie mehrere durch Talpässe verbundene Abflufssysteme. Kleine Beispiele finden sich im Jura, gröfsere in den Hauptlängstälern der Alpen und den Gebirgen des südlichen China. — 6. Eine besondere Form sind die kreisrunden tektonischen Kesselsenkungen, aus denen sich grofse Vulkane erheben. Sie werden bei diesen behandelt werden.

b) Hohlformen, welche auf Erosion beruhen. — Es gehören hierher die Erosionstäler des strömenden Wassers mit ihren Steilstufen und zu Seen gestauten Strecken widersinnigen Gefälls, und zwar ebenso die mannigfaltigen Täler der Hochgebirge wie die Hohlformen der Schichtstufenländer und die durch Auswaschung leichter zerstörbarer Sedimentgesteine bei epigenetischer Talbildung eingetieften, oft weit ausgedehnten Tiefböden. — Ferner gehören hierher die durch Gletscherwirkung übertieften Gebirgstäler und die durch Eis ausgeschrammten Karböden und Wannengebilde; sodann die geschlossenen Becken äolischer Ausräumung, die auf Unterminierung beruhenden Einsturzsenken, und die geschlossenen, oft durch Seen ausgefüllten Hohlformen, welchen Abdämmung durch äufsere Vorgänge zugrunde liegt.

Bei allen durch Erosion geschaffenen Tal- und Wannengebilden kommt es darauf an, den Anteil zu bestimmen, welcher den ursprünglichen Abdachungen, der verschiedenen Art der Gesteine, der räumlichen Aufeinanderfolge derselben, ihrer Zusammenfügung im Gebirgsbau, den kleinen oder grofsen Zerreifsungen und Verschiebungen, welche sie erfahren haben, den seit der ersten Anlage des Wasserabflusses eingetretenen geologischen Vorgängen, den klimatischen Wandelungen, der

wechselnden Einwirkung von Wasser und Eis, der Vegetation und manchen anderen Umständen zukommt.

Die Hohlformen sind die Stätten der Ablagerung der Sedimente, ehe sie dem Meer als dem letzten Ort ihrer Bestimmung zugeführt werden. Von der Art und Weise der Ablagerung wird in einem anderen Abschnitt die Rede sein. Die Formen, welche dadurch hervorgerufen werden, sind teils lange und flache, oft für das Auge kaum merkliche Abdachungen, teils wirkliche Verebnungen. Im kleinen unterbrechen sie vielfach die Unebenheiten der Erdoberfläche; doch gewinnen sie auch eine hohe regionale Bedeutung. Es gehört hierher das marine Schwemmland, welches von dem Meer zurückgelassen wird, wenn es sich von seichten Gründen zurückzieht; ferner das Schwemmland der Ströme, welches sich besonders dort bildet, wo diese ihre Deltas stetig weiter vorschieben können, sei es, dafs ihnen dieses durch bedeutenden Sedimenttransport gegen die Küste ermöglicht und durch gleichzeitigen Rückzug des Meeres erleichtert werde, sei es, dafs das eine weite Senke erfüllende Wasser allmählich durch Ablagerungen verdrängt werde; auch das langsame Sinken des Landes in einem Teil eines Flufslaufes kann durch Stauung der Gewässer zur Ausbildung ausgedehnter Alluvialflächen führen. Es gehören aber auch hierher die glacisartigen Abdachungen gröberer Trümmermassen, welche oft in breiter Zone den Fufs eines Gebirges begleiten und den die Gewässer des letzteren aufnehmenden Strom weit abdrängen, wie es z. B. bei Donau, Po und Ganges der Fall ist. — Eine Decke anderer Art, welche sich gleichmäfsig über festes Gestein und Schwemmland ausbreiten oder in Wechselbeziehung mit letzterem treten kann, aber nur geringe Beziehung zu den Hohlformen hat, ist das Gletscherschuttland. — Noch andere Aufschüttungsdecken, welche den Boden weithin verhüllen können, aber noch weniger von dessen Gestalt abhängen, sind äolischen Ursprungs. Von allen diesen wird in späteren Abschnitten die Rede sein.

Die Verbreitung des Decklandes ist von der Meereshöhe nicht direkt abhängig; doch sind ihr die tiefen Lagen weitaus am günstigsten.

G. **Die Ausbruchsgebirge.** — Die Erzeugnisse des Vulkanismus sind hinsichtlich ihres Auftretens oben (S. 248) als parasitisch bezeichnet worden. Sie können über Felsgestein oder über Schwemmland ausgebreitet sein, als hohe Gipfel das Hochland überragen oder in Hohlformen erscheinen; sie können die Unterlage weithin so vollständig verhüllen, dafs diese selbst in so grofsen Erdräumen wie Island und Java kaum zu-

tage tritt, in anderen Fällen hingegen sich auf ein sehr geringes Mafs räumlicher Ausbreitung beschränken. Überall aber, wo sie auftreten, bilden sie Gebirge von besonderem Charakter; als solche sind sie anderen Gebirgen aufgesetzt, wie den Anden oder dem Kaukasus, oder sie begleiten dieselben, oder treten fern von ihnen auf. In einem späteren Abschnitt werden sie eingehender erörtert werden.

C. Einzelfälle der Beobachtung.

Aus der Darstellung über Zweck und Ziele der Beobachtung ist es klar, dafs die letztere zu ihrem Gegenstand einerseits den festen Grundbau der Erdoberfläche mit Rücksicht auf Gestalt, Zusammensetzung und innere Struktur hat, andererseits die äufserlich umgestaltenden Vorgänge in ihrem Wesen und in ihren Wirkungen.

I. Untersuchungen über den festen Grundbau der Erdoberfläche.

1. Beobachtungen an den Sedimentgesteinen oder dem Flözgebirge.

Den nur verhärteten, aber nicht metamorphorisierten Sedimentgesteinen hat der Reisende am häufigsten zu begegnen Gelegenheit, da sie an dem Aufbau fast aller Gebirge den hervorragendsten Anteil nehmen und manches allein zusammensetzen. Es ist, wie erwähnt, die Hauptaufgabe geologischer Forschung in einer neuen Gegend, die Grundlagen zur Feststellung des Altersverhältnisses der Sedimentgesteine zu suchen, d. h. sie chronologisch zu gliedern. Dem Anfänger erscheint sie schwierig, und der beste Kenner begegnet häufig Problemen, deren völlige Lösung eine lange fortgesetzte Arbeit erfordert; aber durch sorgfältiges Zusammentragen von Beobachtungen gelingt es meist, zu wachsender Klarheit zu gelangen. Die einfache Angabe, dafs in einer Gegend Kalkstein, oder Sandstein, oder Schiefer vorkommt, ist, wenn auch nicht wertlos, doch durchaus ungenügend. Man hat stets nach dreierlei Gesichtspunkten genau vorzugehen. Sie sind: Gesteinscharakter, Schichtenverband, und geologisches Alter.

Gesteinscharakter. — Man sollte nie versäumen, während der Reise die äufseren, dem unbewaffneten Auge sich darbietenden Eigenschaften der beobachteten Gesteine zu notieren. Gesichtspunkte, welche dabei in Betracht kommen können, sind bei Sandsteinen: Farbe, Grad der Festigkeit,

Gröfse des Korns. Ist er ein reiner Quarzsandstein oder ist er tonig oder kalkig? Wie dick sind die einzelnen Schichten? Sind die einzelnen Schichtungsflächen eben oder wellig? Zeigen sie Spuren des Wellenschlages? Sind sie glimmerig? Kommen kohlige Pflanzenspuren oder schilfartige Reste vor? Die Skala der Festigkeitsgrade umfafst alle Stufen von losem Sand bis zum quarzharten Quarzit. Ist das Gestein der einzelnen Schichten gleichartig, oder läfst sich ein Wechsel (z. B. Tongehalt oder Korngröfse) beobachten? Wie zerklüftet das Gestein? — Bei Konglomeraten: Gröfse der Rollstücke. Sind sie scheibenförmig oder eiförmig, in die Länge gezogen oder in allen Dimensionen gleich? Woraus bestehen die Rollstücke, aus einer Gesteinsart oder aus mehreren, und welches sind diese? Lassen sie sich in der Nachbarschaft anstehend finden? Dies ist ein wichtiger Punkt, da das Konglomerat jünger ist als die eingeschlossenen Gesteine, und aus dem Fehlen gewisser Gesteine unter den Einschlüssen oft hervorgeht, dafs es älterer Entstehung ist als diese. Deuten die Einschlüsse durch Schrammung der Aufsenflächen auf glazialen Ursprung? Wie ist das bindende Zement? Sandig, kieselig, tonig, kalkig, oder aus dem zerkleinerten Material benachbarter Eruptivgesteine bestehend (tuffartig)? Hat es die Merkmale glazialer Zerreibung? Welches ist seine Farbe? Auch die Festigkeit des Konglomerats und die Mächtigkeit seiner Schichten sind anzugeben. — Bei Schiefertonen sind ebenfalls Farbe, Korn, sandige oder kalkige Beschaffenheit, Verteilung von Glimmerblättchen auf den Schichtungsflächen zu beobachten; ferner die mehr oder weniger vollkommene und ebenflächige Schieferung, die Art der Zerklüftung und der Wechsel des Gesteinscharakters. Die Tonschiefer unterscheiden sich äufserlich durch dichteres Gefüge, gröfsere Festigkeit, vollkommenere Schieferung (Dachschiefer, Tafelschiefer), seidenglänzendes Ansehen, Vorkommen von Einschlüssen, häufigere Durchsetzung durch Quarzschnüre, und zerfallen oft in Griffel oder Stengel infolge einer durch Druck entstandenen zweiten (transversalen) Schieferung. Bei ihnen ist die Schieferung häufig eine von der Schichtung unabhängige Druckerscheinung, während sie bei den Schiefertonen auf Schichtung beruht. — Bei Kalksteinen: Farbe, Bruch, Härte, kristallinische oder dichte Textur. Bei den dichten Kalksteinen, welche für die Formationsbestimmung wichtiger sind, kommt dann weiter in Betracht: Ist das Gestein geschichtet? In dünnen Lagen oder dicken Bänken? Sind die Schichtflächen eben, oder wellig, oder ineinandergezackt? Liegt zwischen den Schichten schieferige

oder kalkige Substanz? Ist der Kalkstein tonig, kieselig, dolomitisch, oder bituminös? Hat er homogene Textur, oder ist er oolithisch, oder erdig (Kreide)? Enthält er Einschlüsse von Feuerstein oder Hornstein, und wie sind diese verteilt? Ist der Kalkstein von weifsen Kalkspatadern durchsetzt? Führt er Erze? Ist er zellig? Neigt er zur Höhlenbildung? — Ähnlich sind die Fragen, die man bei anderen, nicht so häufig vorkommenden Schichtgesteinen zu stellen hat, und von denen einige, wie die vulkanischen Tuffe, noch behandelt werden sollen. — Wenn man ein als Formationsglied am Bau eines Gebirges teilnehmendes Sedimentgestein in dieser Weise beobachtet und sich seine Eigentümlichkeiten eingeprägt hat, ist es gut, die Aufmerksamkeit auf die Oberflächenformen zu richten, welche ihm eigentümlich sind. Gewisse Kalksteine und Sandsteine zeichnen sich in dieser Beziehung örtlich so aus, dafs man ihre Verbreitung von weitem erkennen kann. Doch gehört Übung dazu, um mit Vertrauen zu Werke gehen zu können. Der Reisende, welcher im Landschaftszeichnen Fertigkeit besitzt, sollte sich die getreue Wiedergabe des den einzelnen Gesteinen im allgemeinen anhaftenden landschaftlichen Elementes angelegen sein lassen.

Schichtenverband. — Die Angabe der äufseren Eigenschaften ist zur Charakterisierung nicht hinreichend. Denn ganz gleichartige oder einander ähnliche Schichtgesteine treten in verschiedenen Formationen auf, und man kommt auf Fehlschlüsse, wenn man aus der petrographischen Ähnlichkeit auf chronologische Identität schliefst. So bezeichnet die Zeit, als man alle in den Alpen auftretenden Kalksteine mit dem Namen „Alpenkalk“ belegte und sie nicht weiter zu gliedern verstand, einen unreifen Standpunkt, bei welchem die Alpengeologie ein dunkles Feld blieb. Klarheit kam erst hinein, als man anfing, einzelne Kalksteine voneinander nach Gesteinscharakter und Alter zu unterscheiden. Dies aber kann der Beobachter selbst in einem neuen Land tun. Das Mittel dazu ist, nicht blofs einzelne Schichtgesteine zu unterscheiden, sondern bestrebt zu sein, von vornherein Schichtensysteme aufzufinden, und diese als Elemente zur Vergleichung zu verwenden. Ein Schichtensystem ist ein Verband gleichmäfsig gelagerter Schichtgesteine verschiedener Art. Wenn zum Beispiel ein durch Hornsteinführung ausgezeichneter Kalkstein, dessen Hangendes und Liegendes (d. i. das darunter und das darüber Lagernde) nicht bekannt sind, eine Schiefereinlagerung von 20 m Mächtigkeit und bestimmtem Charakter einschliefst, so bildet die Reihenfolge von unten nach oben: Kalkstein,

Schiefer, Kalkstein, ein einfaches Schichtensystem. An diesem Verband wird man den Kalkstein wie den Schiefer wiedererkennen, wenn man ihnen in nicht zu grofser Entfernung von dem ersten Ort begegnet, und sie von anderen Kalksteinen und anderen Schiefern zu unterscheiden vermögen. Doch kann im Fortschreiten die Mächtigkeit jedes einzelnen Gliedes in der Schichtenfolge beträchtlichen Schwankungen unterliegen.

Je mannigfaltiger die Zusammensetzung eines Schichtensystems ist, desto schwieriger, aber auch desto wichtiger wird die Aufgabe, sie zu entwirren. Es sind dabei die folgenden einfachen Regeln im Auge zu behalten: 1. Wo Schicht auf Schicht in längerer Reihenfolge übereinanderlagern, seien sie horizontal oder geneigt, da ist die tiefere (mit seltenen Ausnahmen) älter als die darüberliegende. 2. Fast alle Schichten sind ursprünglich in Ebenen abgelagert, welche von der Horizontale wenig abwichen, und konnten in eine stärker geneigte Lage erst durch spätere Störung gebracht werden. 3. Wenn horizontale oder schwach einfallende Schichten stark geneigten an- oder übergelagert sind, so ist die Aufrichtung der letzteren zwischen den Ablagerungsperioden beider geschehen. An der Hand dieser Grundsätze sollte der Reisende (und dies kann auch dem geübteren nicht genug anempfohlen werden) bei dem Betreten einer neuen Gegend den ersten sich darbietenden oder absichtlich aufgesuchten deutlichen und reichhaltigen Schichtenaufschlufs auf das sorgfältigste, mit dem Merkbuch in der Hand, studieren. Aufser an Flüssen, welche Schichtgebirge quer durchsetzen, und in tief eingerissenen Querschluchten, bieten sich Gelegenheiten, wo immer man einen Teil eines Gebirges aus Schichten aufgebaut sieht, welche durch das leisten- oder mauerartige Vortreten gewisser Schichtglieder eine ungleichmäfsige Zusammensetzung schon von weitem erkennen lassen. Die unterste Reihe gleichartiger Schichten, z. B. die eines braunen tonigen Sandsteins, bezeichne man mit einem beliebigen Buchstaben des Alphabets (z. B. *G*), notiere ihre Mächtigkeit (z. B. 60 m) und Gesteinsbeschaffenheit und bestimme ihr Streichen und Fallen. Nun geht man aufwärts in das Hangende und fährt in der Bezeichnung der nächsten Schichten nach der Reihe des Alphabets fort. Ob ein Komplex gleichartiger Schichten aus einer 200 m mächtigen Folge von Kalkstein oder einer nur 20 cm dicken Schiefereinlagerung bestehe, alles wird vermerkt und mit kurzen, aber bezeichnenden Gesteinsbeschreibungen begleitet. Mit einer in dieser Weise schriftlich niedergelegten Schichtenfolge hat man schon gleich im Anfang einen Schlüssel gewonnen, den man so oft

anwendet, als man einer einzelnen oder einer kleinen Reihenfolge der am ersten Platz gesehenen Schichtengruppen begegnet. Je nachdem sich am nächsten Ort andere Glieder nach oben oder unten anreihen, fährt man mit dem Alphabet nach vorwärts oder nach rückwärts fort; und nach kurzer Zeit wird man jedes bereits gesehene Gestein nicht nur sofort wiedererkennen, sondern auch sofort wissen, welches Glied in der Reihe es bildet, und welche anderen man zunächst darüber oder darunter zu erwarten hat. Zugleich werden sich in der Reihenfolge allmählich Änderungen einstellen, die unmittelbar beschrieben werden müssen. Kommt man aber, vielleicht nachdem man ein Tal überschritten hat, zu einer Schichtfolge, die mit der früheren keine Ähnlichkeit hat und also einer im Vergleich zu ihr jüngeren oder älteren Formation angehört, so suche man so bald als möglich sich auch für diese in der beschriebenen Weise einen Schlüssel zu verschaffen. So wird man auch die zweite Reihe zu verfolgen und an ihren untergeordnetsten Gliedern wiederzuerkennen vermögen, und an einem dritten Ort wahrscheinlich entdecken, ob sie über oder unter der ersten lagert, das heifst, ob sie jünger oder älter als diese ist. In ähnlicher Weise fahre man weiter fort. Dabei ist es gut, von vornherein für sehr ausgezeichnete Schichtengruppen (z. B. eine solche, in welcher gewisse rote Schiefertone oder grünliche Sandsteine bei allem sonstigen Wechsel stets wiederkehren), oder für besonders mächtige und charakteristische Formationsglieder (z. B. einen Kalkstein von einer gewissen Mächtigkeit, der sich vor anderen Kalksteinen durch bituminöse Beschaffenheit auszeichnet), Sonderbenennungen einzuführen, wenn auch nur für den Gebrauch im eigenen Tagebuch, und zwar am besten nach Örtlichkeiten; also z. B.: der schwarze Kalk (*m*) vom Ort A, der rote Schiefer (*h*) vom Berg L usf. So wird nach und nach eine kleine Geologie der Gegend erwachsen, mit einer ausschliefslich für sie geltenden Terminologie.

Nicht immer bieten sich so günstige Verhältnisse, dafs man vollständige Schichtenreihen gleich auffinden und aufzeichnen kann. Dann mufs man fragmentarische Beobachtungen sammeln, aus denen sich nach und nach das Vollendetere entwickelt. Dies läfst sich am besten an einem Beispiel zeigen. Aus einem Talboden kommt man häufig zu einem einzeln aufragenden Hügel oder einem kleinen Hügelzug, der aus einer einzigen Gesteinsart besteht. Es sind besonders die härteren Felsarten, welche bei der allgemeinen Erosion in dieser Weise zurückgelassen werden, zum Beispiel die verhärteten reinen

Quarzsandsteine oder Quarzite. Man bestimmt das Streichen und Fallen der Schichten dieses Gesteines. Daraus zeigt sich, wo die tiefsten derselben zu suchen sind; und an der betreffenden Stelle wird es wahrscheinlich gelingen, das Liegende des Quarzits, z. B. schwarze Tonschiefer, zu finden. Der Quarzit habe eine Mächtigkeit von 500 Meter. Es kommt nun darauf an, sein Hangendes, das heifst, die ihn überlagernden Schichten, zu kennen. Das gelingt vielleicht nicht gleich; aber indem man das Problem im Auge behält, kommt man doch schliefslich wohl an eine Stelle, wo man es lösen kann. Vielleicht zeigt es sich, dafs dem Quarzit nichts regelmäfsig aufgelagert, sondern ein anderes Schichtensystem in solcher Weise angelagert ist, dafs es sich deutlich als erheblich jünger erweist, so dafs man schliefsen mufs, es habe sich zu einer Zeit, als der Quarzit bereits ein Riff bildete, abgelagert. Nun wird man beim Weiterreisen die erste Schichtenfolge vom Quarzit und Schiefer abwärts zu verfolgen und die jüngere nach allen Richtungen zu erforschen haben.

Der Laie sollte, wie es der Fachmann tut, alle Beobachtungen über Schichtung sogleich graphisch darstellen. Wenige Linien drücken das Verhältnis besser aus als eine lange Beschreibung, und nichts hütet mehr vor falschen Schlüssen über den Gebirgsbau und fördert mehr die richtige Vorstellung von demselben, als die sorgfältige und unablässige Aufzeichnung von Schichtenprofilen in der oben (S. 229 ff.) angegebenen Art. Wo die Erinnerung, selbst nur weniger Stunden, unvollkommene und lückenhafte Ergänzungen macht, da ergibt die graphische Darstellung leicht das Richtige, und bei der Rückkehr von einer Reise ist sie vor allem geeignet, das Gedächtnis in wirksamer Weise zu unterstützen. Darum aber sind auch ungenau gezeichnete Schichtenprofile ganz besonders imstande, irre zu führen. — Wer Beobachtung, Sammlung von Handstücken und Einzeichnung fortdauernd verbindet, der wird bald, als Ergebnis eigenen Studiums, alle jene Verhältnisse entdecken, welche er in den Lehrbüchern, auf welche hier verwiesen sein möge, als Lagerungsformen und Schichtenstörungen beschrieben findet. (Im „Führer“ sind dieselben auf S. 594 bis 621 behandelt.)

Geologisches Alter. — Die stratigraphischen Beobachtungen geben über das relative Altersverhältnis der in einer abgegrenzten Gegend vorkommenden Schichtgesteine Aufschlufs. Aber die Ergebnisse erhalten höheren Wert, wenn es auf Grundlage von Versteinerungen gelingt, einerseits die

Stellung der einzelnen aufgefundenen Schichtensysteme in der Geschichte der Erde festzustellen, andererseits an ihrer Hand die Richtigkeit der aus den stratigraphischen Untersuchungen gezogenen Schlüsse zu prüfen und zu kontrollieren. Mit niemals nachlassender Sorgfalt sollte man nach ihnen suchen und jeden Anhalt, der sich in den Pflastersteinen einer Stadt, an den Pfeilern einer Brücke, in dem Baumaterial von Häusern, Mauern und Tempeln, oder in Kunstprodukten bietet, benutzen, um nach dem Herstammungsort darin gesehener Versteinerungen zu fragen und dann den Fundort aufzusuchen. Bei der Begehung von Gebirgen sind die oben (S. 220 ff.) angegebenen Regeln zu befolgen. Wer Übung hat und mit Eifer sucht, der wird meist in irgend einer Schicht Versteinerungen finden. Die Einordnung derselben in der ganzen Reihe der in der Gegend auftretenden Schichtgebilde sollte nach den vorhergehenden Beobachtungen bekannt sein. Auf den Zetteln, welche den Fundort der Versteinerungen angeben, ist die Schicht genau, mit Verweisung auf das Tagebuch, zu bezeichnen. Findet man dann noch Versteinerungen in anderen Schichten höher hinauf oder tiefer hinab in der Reihe, so wird sich dadurch auch das Alter aller dazwischenliegenden Schichten mit einiger Sicherheit interpolieren, oder der Betrag der in den Ablagerungen vorhandenen Lücken festsetzen lassen. In Anbetracht der Wichtigkeit der Altersbestimmung mufs man aus einer Schicht, von welcher man noch keine Fossilien besitzt, auch das Unbedeutendste und Unvollkommenste sammeln.

2. Beobachtungen an kristallinischen Schiefergesteinen.

Diese Gesteine treten selbständig auf, setzen ausgedehnte Länderstrecken für sich allein zusammen und tragen zur Ausbildung charakteristischer landschaftlicher Formen bei. Sie bilden häufig die sichtbare Unterlage des Flözgebirges und können daher diesem gegenüber als Kerngebirge oder Grundgebirge bezeichnet werden. Ihre eingehende Beobachtung ist schwierig und setzt Übung voraus. Indes kann schon die Feststellung der Anwesenheit und Verbreitung von kristallinischen Schiefern entlang dem Reiseweg ein beachtenswertes Ergebnis sein. Der Reisende sollte auch angeben, welche besondere Gesteinsarten herrschen oder vorwalten, sie durch gutgewählte Belegstücke zur Darstellung bringen und möglichst oft *die im Gesamtbau vorherrschenden Richtungen* des Streichens und des Fallens festsetzen, ohne sich durch die

vielfach vorkommenden kleineren örtlichen Unregelmäſsigkeiten beirren zu lassen. Auch die durch Pressungsvorgänge hervorgebrachte Transversal- oder falsche Schieferung erschwert die Beobachtung. Einen sicheren Anhalt zur Erkennung der Anordnung bieten dagegen die Züge von Hornblendeschiefer, kristallinischem Kalk oder Quarzit, welche den Gneiſsen oder Glimmerschiefern nicht selten eingelagert sind. Auch Verwerfungserscheinungen sind an deren Hand zu studieren. Es ist ferner das Auftreten von Gängen, seien sie Granit, Pegmatit (oder Schriftgranit, mit oder ohne Turmalin), oder Quarz oder ein anderes Gestein, zu beachten. Vom petrographischen Gesichtspunkt sind neben den charaktergebenden Gemengteilen (Feldspate, Quarz, Glimmer, Hornblende, Chlorit) die untergeordneten Beimengungen, insbesondere von Granat, das Vorkommen von Graphit, von Magneteisenerz in eingesprengten Kristallen oder in groſsen Ausscheidungen, sowie die mannigfaltigen Mineraleinschlüsse im kristallinischen Kalkstein zu berücksichtigen. Bei Gängen sind Mächtigkeit, Streichen und Fallen anzugeben; ferner die Verzweigung einzelner unter ihnen, die Gruppierung zu parallelen oder sich kreuzenden oder verwerfenden Gangsystemen.

Der geübte Geolog findet weit mehr Fragen zu lösen. Zunächst wird er sich bemühen zu entscheiden (und dies ist meist sehr schwer), ob die kristallinischen Schiefer jener groſsen Abteilung angehören, welche als die archaischen (S. 238) bezeichnet werden, oder ob sie von jüngerem Alter und durch Umwandlung aus Schichtgesteinen von silurischem, devonischem, karbonischem, triassischem oder noch jüngerem Alter entstanden sind. Dem archaischen Zeitalter gehören sie unzweifelhaft an, wenn auf den Köpfen ihrer steil gestellten Schichten cambrische Gesteine horizontal oder in geringer Neigung auflagern. Es ist dann eine weitere Aufgabe, in ähnlicher Weise wie bei den sekundären Schichtgesteinen, die relativen Altersverhältnisse innerhalb der Reihe archaischer Gesteine festzustellen. Daraus kann sich ergeben, ob, wie man Grund hat anzunehmen, eine in ihren allgemeinen Zügen analoge Reihenfolge sich in verschiedenen Gegenden der Erde wiederholt: ob die ältesten sichtbaren Gebilde überall granitartige Gneiſse von auſserordentlich groſser Mächtigkeit sind, denen Gneiſse von anderer Art und mit mancherlei fremdartigen Zwischenlagerungen folgen; ob sich als nächste Altersstufe eine Reihe von Gesteinen anschlieſst, unter denen Glimmerschiefer vorwaltet; und ob als drittes Glied Chloritschiefer mit Hornblendeschiefer, Serpentin und Talkschiefer auftreten, welche mit einer Reihe undefinier-

barer grüner Schiefer verbunden sind; ob dann nach oben hin Tonglimmerschiefer und Tonschiefer mit Quarziten, Sandsteinen und Konglomeraten erscheinen, welche älter sind als die cambrische Formation. — Sind die kristallinischen Schiefer nicht archaisch, sondern durch Metamorphose des Flözgebirges oder späterer Ausbruchsgesteine entstanden (s. oben S. 237 f.), so kommt es vor allem auf die Altersbestimmung an, die sich nur in seltenen Fällen ausführen läfst, ferner auf die Art des Verbandes mit nicht veränderten Eruptivgesteinen, und die Ausdehnung der etwa von diesen ausgehenden metamorphischen Einwirkung. Man kann auch festzustellen versuchen, welcher Art die Sediment- oder Eruptivgesteine gewesen sind, welche Veränderung erlitten haben; doch setzt dies neben günstigen Verhältnissen die geübteste und genaueste Beobachtung und meist auch mikroskopische Untersuchung voraus.

Die kristallinischen Schiefer, die archaischen wie die jüngeren metamorphischen, bilden oft als mächtige Kernzüge den Rückgrat der heteromorphen Faltungsgebirge und pflegen auf deren Innenseite vielfach aus den verworfenen Blöcken des Schichtgebirges aufzuragen. In gröfserer Ausdehnung finden sie sich in der Regel bei erloschenen Faltungsgebirgen in langen, durch Verwerfung in hohe Lage gekommenen und durch Denudation blofsgelegten Zügen angeordnet. Ihre Hauptverbreitung aber haben sie dort, wo vormalige Gebirge bis auf ihren Grundbau zerstört worden sind und dieser in Gestalt ausgedehnter Rumpfflächen zutage tritt, oder in der Form von Rumpfgebirgen über die Umgebung aufragt.

Nirgends ist die Beobachtung des Gebirgsbaues und die Festsetzung der daran teilnehmenden Gesteine schwieriger und lückenhafter, als in feuchten tropischen Ländern, gleichviel ob sie gebirgig oder flach seien. Dies beruht auf dem Vorgang der unten zu erörternden Tiefenzersetzung. Reisende berichten häufig, abgesehen von Produkten der Vulkane, über keine anderen Gesteine als tonige Schiefer und Quarzite, und es könnte danach scheinen, als ob die sonst herrschenden unter den kristallinischen Schiefergesteinen fehlten und seit sehr frühen Zeiten niemals wieder Meeresbedeckung vorhanden gewesen wäre. Es ist wahrscheinlich, dafs manche irrige Schlüsse darauf begründet worden sind, indem in vielen Fällen die Ursache des Fehlens von Kalksteinen mit Versteinerungen, sowie von feldspathaltigen Schiefern und Ausbruchs- oder Ganggesteinen, in deren Auflösung und Zersetzung zu suchen sein dürfte. Die Aufmerksamkeit ist auf diesen Punkt zu richten. Insbesondere sind tief eingerissene Schluchten auf

anstehendes Gestein, und alte verfestigte Konglomerate auf ihre Einschlüsse zu untersuchen.

3. Beobachtungen an Vulkanen und jüngeren Eruptivgesteinen.

Es wurde bereits angedeutet, dafs die Vulkane parasitische Gebilde mit Rücksicht auf die Beschaffenheit und den geologischen Bau des Erdraums sind, in welchem sie auftreten. Sie verleihen diesem häufig besonderen Reiz durch den Formenwechsel, welchen sie verursachen, und durch die Mannigfaltigkeit der Bedingungen, welche dem Gedeihen der Pflanzenwelt in den zahlreichen Abstufungen von dem starren festen Gestein zu den tiefzersetzten Anhäufungen loser Trümmer geboten werden. Wie ihre Gestalten die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und die Phänomene ihrer Tätigkeit das Interesse des Beschauers fesseln, so zeichnen sich die Gegenden, in welchen sie sich erheben, im allgemeinen durch die Fülle der Motive für exakte wissenschaftliche Untersuchung, wie für eine dem Reisenden gewöhnlich nur gestattete flüchtigere Beobachtung aus.

Da überdies die Arbeit in ihnen im allgemeinen leicht ist, haben tüchtige Reisende nicht selten der Verlockung nachgegeben, sich auf sie allzusehr zu konzentrieren und darüber die oft viel wichtigere Erforschung des Grundgerüstes, über dem die Vulkane sich erheben, vernachlässigt. Es ist anzuraten, besonders in tropischen Ländern, wo der Grundbau verhüllt ist, diesem trotz der gröfseren Schwierigkeit nicht mindere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ohne die Kenntnis seiner Zusammensetzung und Tektonik läfst sich ein Verständnis für die Bedingungen und möglichen Ursachen des Auftretens der Vulkane nicht gewinnen.

Wesen der Vulkane. — Ein Vulkan ist ein Berg, welcher aus von unten nach oben in heifsflüssigem Zustand emporgedrungenem und entweder teilweise oder ganz durch explosive Tätigkeit zertrümmertem Gesteinsmaterial aufgebaut ist und infolge der periklinalen (d. h. allseitig abfallenden) Anordnung des Materials der einzelnen Ausbrüche um eine zentrale Achse eine mehr oder weniger vollkommene Kegelgestalt besitzt. Der Berg kann wenige Dekameter, oder mehrere Kilometer hoch sein; die Achse kann immer an derselben Stelle gewesen sein, oder ihre Lage mit der Zeit ein wenig geändert haben; das Gesteinsmaterial kann insgesamt durch Explosionen in Fragmente zertrümmert, als Schlacken, Rapilli und Asche über die Kegelfläche verteilt, oder über-

wiegend in Gestalt von Lavaströmen auf ihr hinabgeflossen sein — dadurch werden nebensächliche Änderungen verursacht. Tätig ist ein Vulkan, wenn sich periodisch Ausbrüche an ihm ereignen; als erloschen wird er bezeichnet, wenn solche in historischer Überlieferung nicht stattgefunden haben, aber Struktur und Zusammensetzung den Schlufs gestatten, dafs die Entstehung des Berges derjenigen der tätigen Vulkane analog gewesen ist. Zuweilen finden sich in Gasexhalationen und Quellen kochenden Wassers noch Nachwehen der früheren Tätigkeit; zuweilen sind auch solche nicht mehr vorhanden.

Zusammensetzung der Vulkane. — Unter den Gesteinen, welche am Aufbau der Vulkane teilnehmen, sind vor allem Basalt, Dolerit, Andesit, Trachyt und Rhyolith (auch Liparit genannt) als diejenigen zu bezeichnen, mit denen der Reisende sich vertraut machen sollte. Dieselben sind zuweilen schwer zu erkennen, da die Verschiedenheit der Erstarrungsvorgänge den Charakter des Gesteins mehr als in anderen Fällen beeinflufst. Es entstehen dadurch die als Obsidian, Bimsstein und Perlstein bekannten Abänderungen (besonders von rhyolithischen, trachytischen und andesitischen Gesteinen), die schaumig aufgeblähten, an Schlacken erinnernden Modifikationen der Basalte, Dolerite und Andesite, und manche andere Ausbildungsformen. Sie sind sehr augenfällig, fesseln die Beobachtung und sind in Sammlungen oft am meisten vertreten. In der Natur ist ihre Rolle unbedeutend im Verhältnis zu derjenigen der normaleren Abänderungen, welche als Lavaströme, als weit ausgebreitete Decken, als einzeln aufragende Kuppen und als ganze Gebirgszüge auftreten. — Neben den grofsen festen Massen der homogenen Gesteine sind die Trümmergesteine zu untersuchen, welche aus jenen entstanden sind, und in welchen sich daher deren Artenreihe wiederholt. Dahin gehören die losen Auswürflinge aus Krateren, welche die Flanken der meisten Vulkane zusammensetzen. Die herkömmlichen, den Gröfsenverhältnissen entnommenen Ausdrücke: vulkanische Blöcke (mehrere Fufs Durchmesser, aufsen verschlackt, innen fest), vulkanische Bomben, Rapilli, vulkanischer Sand, vulkanische Asche, lernt jeder bei dem ersten Anblick auf der Lagerstätte richtig anwenden. Sie ordnen sich in der Regel nach der Gröfse von dem Kraterrand gegen den Fufs des Kegels; nur die feinste Asche, und insbesondere der Bimssteinsand, breiten sich weit darüber hinaus aus und können vom Wind nach fernen Gegenden fortgetragen werden. Diese Materialien bilden Schichten, welche allseitig vom Kegel abfallen, und sind häufig

von radial eingesenkten Wasserrillen durchschnitten. Sie werden leicht zementiert. An den Trümmern erloschener Vulkane kann man sie in tiefen Durchschnitten beobachten und die Natur jener daran erkennen. Aus der Untersuchung der festen Stücke läfst sich die Art des Gesteins festsetzen, das in einer gewissen Epoche vom Vulkan ausgeworfen wurde. — Eine zweite Form der Trümmergesteine sind die Schlammströme, welche durch das Zusammenschwemmen von Auswürflingen infolge der die Eruption zuweilen begleitenden wolkenbruchartigen Regengüsse oder des plötzlichen Tauens einer Decke von Schnee und Eis entstehen. Man erkennt sie an dem gänzlichen Mangel der Schichtung, an der Menge scharfeckiger Einschlüsse von der verschiedensten Gröfse, welche in dem aschenartig zerkleinerten Material, das die Grundmasse bildet, unregelmäfsig zerstreut sind; ferner an dem Umstand, dafs sie die tieferen Teile ihrer Unterlage ausfüllen und oft eine bedeutende Längenerstreckung bei geringer Breite haben. Sie sind ein wichtiges Element in vulkanischen Gebirgen, und wer sie kennen gelernt hat, findet sie auch als Begleiter vulkanischer Ausbrüche in älteren Perioden. Man verwendet die vulkanischen Schlammstromgesteine wegen ihrer Lockerheit und Leichtigkeit, die sie trotz fester Zementation besitzen, gern als Baumaterial. — Die dritte Form des Auftretens sind die Tuffgesteine, die sich vor den vorigen durch Schichtung auszeichnen. Es sind Ablagerungen von Auswürflingen und sonstigem zur Eruptionszeit zerstörtem Ausbruchsmaterial, welche unter Wasser stattfanden. Die einzelnen Bestandteile sind darin nach der Gröfse in Schichten geordnet. In der Regel wird eine Eruption durch eine Reihenfolge von Absätzen bezeichnet, in denen die Korngröfse nach oben abnimmt; solche Reihenfolgen können sich mehrfach wiederholen. Schlamm und Tuff variieren je nach der Art des Gesteins, aus dem sie entstanden sind. — Endlich sind die Breccien zu erwähnen, welche in einer homogenen Erstarrungsmasse eckige Bruchstücke von Gesteinen umschliefsen. Diese Trümmer sind entweder 1. gleichartig mit dem einschliefsenden Gestein, oder sie bestehen 2. aus vulkanischem Gestein anderer Art, oder 3. aus ganz fremdartigem Gestein. Breccien der ersten Art sind am grofsartigsten in Andesitgebirgen entwickelt und bilden zuweilen das Hauptmaterial ausgedehnter Rücken. Das Studium von solchen der zweiten Art ist für die Eruptionsgeschichte wichtig, weil das eingeschlossene Bruchstück älter ist als die umschliefsende Masse. Diejenigen der dritten Art sind von allgemeinerem Interesse und zeichnen sich zuweilen, besonders

wenn die Einschlüsse aus Kalkstein bestehen, durch das Vorkommen schöner Mineralien aus. Man nimmt zu ihrer Erklärung an, dafs die vulkanische Masse bei ihrem Aufwärtsdrängen Bruchstücke des Nebengesteins losrifs. Die letzteren geben daher Aufschlufs über den geologischen Bau der Unterlage der Vulkane.

Aufbau der Vulkane. — An dem normalen Aufbau eines Vulkans beteiligen sich: 1. zertrümmertes Gestein und zerspritztes oder zerstäubtes Magma, das aus dem Krater ausgeworfen wurde und durch sein Niederfallen aus der Luft einen Kegel um den Schlot herum anhäufte; 2. Ströme von Lava, welche zu verschiedenen Zeiten von Ausbruchsstellen an den Flanken oder von dem jedesmaligen Gipfel aus auf dem Kegelmantel hinabflossen; 3. ein nicht sichtbarer innerer Kern von Lavamasse, von welchem häufig rippenartige Ausläufer, die Ausfüllungen senkrecht stehender radialer Spalten, sich in die Gebilde des Kegelmantels hinein verzweigen. Zu dem Wesen des Vulkans gehört der explosive Charakter wenigstens eines Teiles der Ausbrüche, und dadurch wird in den meisten Fällen die Gestalt bestimmt. Das normale Profil besteht aus zwei am abgestumpften Gipfel mit ungefähr 30° Neigung beginnenden Linien, die sich in leichter konkaver Krümmung nach entgegengesetzten Seiten herabsenken, bis sie beinahe horizontal werden. Die Regelmäfsigkeit kann beeinträchtigt werden: durch Luftströmungen, welche die Anhäufung des feinkörnigen Materials in einer bestimmten Richtung begünstigen und den Kegel in den tieferen Teilen nach einer Richtung ausdehnen können; ferner durch Lavaströme. Die älteren sind von den jüngeren Auswurfsstoffen erst überwölbt und dann von ihnen vergraben worden. Da aber die Mächtigkeit einer Auswurfsschicht im grofsen Durchschnitt vom Zentrum nach der Peripherie abnimmt, so sind die dem ersten näher gelegenen Teile der Lavaströme früher und höher verdeckt worden als die entfernteren, die als lange radiale Hügelzüge aufragen, sich gegen den Ringwall, falls ein solcher vorhanden ist, stauen, den Böden der vom Vulkan ausgehenden Flufstäler weit über die Kegelgrenze hinaus folgen, die Gewässer ableiten und diejenigen von Nebentälern zu Seen aufstauen. Die Gestalt der Lavaströme unterliegt erheblichen Änderungen, je nach dem Flüssigkeitsgrad, den die geschmolzene Masse bei ihrem Austritt hatte. Das Extrem von Leichtflüssigkeit zeigen die basaltischen Laven, die sich oft in flachen Decken ausgebreitet und, gleich einer Wasserschicht, die aufragenden Teile des Bodenreliefs umströmt haben. Bei manchen Lava-

strömen hat nach Erstarrung der äufseren Rinde das Innere am unteren Ende einen Ausweg gefunden und ist fortgeströmt, so dafs jene Rinde als feste Hülle eines leeren Raumes zurückblieb. Auch wo dies nicht der Fall ist, sollte man, falls zufällige Aufschlüsse es gestatten, die inneren und die äufseren Teile der Lavamasse getrennt untersuchen. In jenen ist das Gestein meist kompakt, in diesen blasig aufgetrieben. — Einen anziehenden Gegenstand der Untersuchung bieten die kleinen Schmarotzerkegel, welche zuweilen in einer Zone unterhalb der halben Kegelhöhe auftreten und bei manchen Vulkanen in Menge vorhanden sind. Jeder von ihnen ist ein kleiner Vulkan mit Aschenauswürfen, und häufig mit einem Lavastrom. Bei ihnen tritt in der Regel der Lavastrom aus einer von ihm selbst geöffneten Bresche im Kraterwall heraus. Hufeisenförmige Kraterwälle sind daher häufige Erscheinungen. Das Aufwerfen dieser kleinen Schmarotzerkegel ist zuweilen das Werk weniger Tage; dann ist die örtliche Quelle der Eruptionskraft erschöpft.

Bei den meisten grofsen tätigen und erloschenen Vulkanen tritt eine weitere Ausgestaltung dadurch ein, dafs aus einem breit abgestutzten Kegel ein zweiter, gewöhnlich etwas exzentrisch, sich erhebt. In dem abgestutzten Teil eines solchen zusammengesetzten Vulkans findet sich dann gewöhnlich, in der ganzen Ausdehnung zwischen den oberen Rändern seines Kegelmantels, eine tiefe Versenkung, deren Umwallung (der Ringwall) von jenen Rändern an steil nach innen (dem Atrium) abstürzt. Der jüngere, innere Kegel steigt aus ihr auf und füllt sie ganz oder teilweise aus. Beide Kegel stellen zwei, zuweilen der Zeit nach weit voneinander entlegene, durch eine gewaltige Katastrophe getrennte Phasen der Geschichte des Vulkans dar. Es ist von Interesse, in solchen Fällen ein genaues, durch viele Höhenmessungen gestütztes kartographisches Bild des letzteren zu entwerfen und die Untersuchung des Materials an möglichst vielen, auf der Karte anzugebenden Stellen auszuführen. Der Betrag der fortgeführten Masse läfst sich annähernd berechnen, wenn man die Gröfse der Grundfläche des fehlenden Teiles und die Neigungswinkel der Abfälle des stehen gebliebenen in Betracht zieht.

Besondere Aufmerksamkeit sollte der Frage zugewendet werden, in welcher Weise die Abstutzung des älteren, als Basis dienenden Vulkans erfolgt ist. Es sind dafür drei Theorien aufgestellt worden. Nach der einen soll Erosion allein, nach der zweiten Explosion, nach der dritten Einbruch die Erscheinung erklären. Es scheint, dafs jede von ihnen in

einzelnen Fällen ihre Berechtigung hat. Der Erosion leisten die lockeren vulkanischen Anhäufungen geringen Widerstand. Wenn ein Sammeltrichter sich infolge günstiger Bedingungen stärker vergröfsert hat als seine Nachbarn, so schreiten Erweiterung und Vertiefung rasch nach rückwärts fort. Es bilden sich grofse, von steilen Wänden umragte Kessel (Calderas), welche ihre Gewässer mit allen von ihnen mitgenommenen Zerstörungsprodukten durch einen einzigen engen Erosionskanal (Baranco) nach aufsen senden. In diesem Kessel kann ein neuer Vulkan aufsteigen. — Eine Fortführung von Material von ähnlichem Betrag, wie sie sich hier in einem langen Zeitraum allmählich vollzieht, kann durch Explosion mit grofser Schnelligkeit geschehen. Die auffälligsten Beweise haben Krakatau und Bandaisan ergeben; doch ist die Erscheinung auch früher von Java beschrieben worden, und man kennt ihre sicheren Spuren an vielen Maaren. In demselben Moment, in welchem das Absprengen ungeheurer Massen festen Gesteins stattfindet, kann das entlastete flüssige Magma im Inneren des Vulkans zu Bimsstein aufgebläht und teils in Stücken, teils in feinster Zerstäubung in grofse Höhen der Atmosphäre geschleudert werden, wie am Krakatau. Die gröfseren Stücken fallen nieder, die feinen werden von den Luftströmungen fortgetragen. Die Beobachtung der Folgen dieser Vorgänge wird dadurch erschwert, dafs die gewaltigen Trümmermassen, welche in den Umgebungen abgelagert wurden, meist von den darauffolgenden Aschenausbrüchen verdeckt sind. — Als dritte Ursache ist der Einbruch zu bezeichnen. Kesselförmige, häufig mit Seen ausgefüllte Versenkungen sind eine oft zu beobachtende Erscheinung in vulkanischen Gegenden. Sind sie von einem Kranz ausgeworfener Massen umgeben, so sind sie durch Explosion zu erklären; fehlt jede Spur von Auswürflingen, so kann nur Versenkung zugrunde liegen. Dies gilt z. B. für die grofsen Kessel nichtvulkanischen Gesteins, aus denen sich einzelne Vulkane selbst erheben. Auf der Höhe ihrer Umwallungen sucht man vergeblich nach den Trümmern der verschwundenen gewaltigen Gebirgsmassen; die letzteren können nur in die Tiefe hinabgesunken sein. Wenn aber dieser Vorgang überhaupt in vulkanischen Gegenden vorkommt, so darf man ihn in erster Linie unter einem Auswurfskegel erwarten, und es ist nicht unwahrscheinlich, dafs Versenkung die häufigste Ursache der Abstutzung des älteren Teiles zusammengesetzter Vulkankegel ist. Die Untersuchung wird also von Fall zu Fall vorzugehen und verschiedenartige Umstände in Betracht zu ziehen haben.

Ausbruchstätigkeit. — Durch Branco's wichtige Untersuchungen ist der Beweis gegeben worden, dafs es Vulkanembryonen gibt, d. h. einmalige schufsartige Bildung eines Schlotes, der von einem unterirdischen Herd durch die äufsere Erdrinde nach der Oberfläche reicht und zu einmaligem Ausstofsen von festen, flüssigen und gasförmigen Tiefenprodukten führte. Diese gruppenweise auftretenden Gebilde gehören seitdem zu den interessantesten Erscheinungen vulkanischer Länder und sollten besonders aufgesucht werden. Maare scheinen meist infolge solcher Vorgänge entstanden zu sein. Setzen die Ausbrüche durch den Schlot fort, so wird ein vulkanischer Kegel gebildet. — Kommt der Reisende in den Fall, einem Ausbruch beizuwohnen, so sind zu beachten: die ihn häufig vorbereitenden Erderschütterungen, ihre Ausdehnung, die Art ihrer Fortpflanzung und womöglich ihr Zentrum; die zurzeit obwaltenden meteorologischen Verhältnisse, besonders der Luftdruck, die Luftströmungen, die Niederschläge und elektrischen Entladungen; Sitz und Art der Gas- und Dampfexhalationen, Schmelzen des Schnees, Versiegen von Brunnen usw. Steigern sich diese gewöhnlichen Vorläufer der Ausbrüche allmählich, oder beginnen letztere plötzlich? In welcher Weise geschieht der erste Ausbruch? Findet eine plötzliche Explosion statt? Ein Mafs für deren Stärke ergibt sich: in dem Grad der Veränderung der Gestalt und Gröfse des Kraters, in der Höhe, bis zu welcher die Trümmer im Verhältnis zu ihrer Gröfse geschleudert werden, in der Entfernung vom Zentrum, in welcher Fragmente von einer gewissen Gröfse noch niederfallen, in der Ausdehnung und Gestalt des wolkenverdichtenden und mit Explosionsasche gemischten Wasserdampfs. Es sind dann die Häufigkeit und Stärke der folgenden Explosionen, die Entfernung, bis zu welcher die feine Asche getragen wird, die weiteren Veränderungen des Kraters, die Bildung seitlicher Spalten, durch welche Dampf entweicht, zu beobachten. Die ausgeschleuderten Trümmer sind mit Rücksicht auf ihre Gröfse und Gestalt, ihre Anordnung beim Herniederfallen, ihre Gesteinsart und ihre Textur zu untersuchen. Sind diejenigen des ersten Ausbruchs gleichartig mit denen späterer Explosionen? In erster Linie wichtig, aber schwierig auszuführen, ist die Untersuchung der einem tätigen Vulkan entströmenden Gase. Es hat sich ergeben, dafs sie, abgesehen von dem weitaus vorwaltenden Wasserdampf, an solchen Stellen, wo die Temperatur etwas über 500 ° C. beträgt, aus Chlorüren von Natrium, Kalium, Mangan, Eisen und Kupfer, an etwas weniger heifsen Stellen (bei Temperaturen

zwischen 300 und 400°) aus Chlorwasserstoff und schwefeliger Säure, an solchen von etwas über 100° C. aus Chlorammonium und Chlorwasserstoff, an solchen von ungefähr 100° aus Kohlensäure und Schwefelwasserstoff bestehen, während in noch weiteren Abständen von dem Herd der gröfsten Hitze, bei niederen Temperaturgraden, Kohlensäure allein entweicht. Es ist wahrscheinlich, dafs in den Gasen der unnahbaren zentralen Herde auch Fluorverbindungen eine wesentliche Rolle unter den Emanationen spielen. Dies wird sich nur aus den Sublimationsprodukten erweisen lassen, welche man als Auskleidungen von Spalten und Rissen an abgekühlten Stellen und als Überzug von noch nicht abgespülter Lava antrifft. Sie besitzen mineralogisches Interesse an sich, sind aber besonders wichtig als Zeugen solcher Vorgänge, welche sich der unmittelbaren Beobachtung entziehen. — Bei Lavaströmen sind zu beachten: der Ursprungsort; die Art der Öffnung des ersten Kanals, die Gröfse des Querschnittes des Stromes an einzelnen Stellen; der Grad der Zäh- oder Leichtflüssigkeit; die Natur der von der Oberfläche der Lava aufsteigenden Dämpfe und Gase; das Mafs der Geschwindigkeit, mit der der Strom an einzelnen Stellen hinabfliefst; der Grad der fortschreitenden Abkühlung und Erstarrung; endlich die Art des daraus hervorgehenden Gesteins. In letzterer Hinsicht ist zu beachten, ob einzelne Mineralien vor dem Festwerden in gröfseren Kristallen ausgeschieden gewesen und bei dem Fortschieben der Masse zerrissen worden und zerborsten sind.

Tritt nach einer Periode der Tätigkeit der Vulkan in den Ruhestand zurück, so sollte Aufmerksamkeit auf die Frage gerichtet werden, ob ein Zurücksinken des Kraters und seiner Umgebungen stattfindet.

Um an tätigen Vulkanen nützliche Beobachtungen anzustellen, bedarf man längerer Zeit, oder mufs häufiger an denselben Ort zurückkehren. Sie sind daher besonders solchen zu empfehlen, welche in der Nähe leben. Der Reisende kann den eigenen längeren Aufenthalt einigermafsen durch das Einziehen von Erkundigungen ersetzen und sollte möglichst viele Tatsachen über die Geschichte eines als tätig erkannten Vulkans festzustellen suchen.

Unterlage und Umgebung. — Die Aufschüttungsmassen, aus denen ein Vulkan besteht, ruhen auf einem von ihm selbst verschiedenen Fufsgestell. Dasselbe kann ein jun324eruptives Gebirge, und der Vulkan dessen Kamm oder Flanken aufgesetzt sein (z. B. Rhyolithvulkane auf Andesitgebirgen in Ungarn), oder sich aus einer Einsenkung innerhalb des

Gebirges erheben. In anderen Fällen besteht die Unterlage aus Tuffen, oder sie kann ein Vulkan selbst sein. In diesem Fall ist entweder der jüngere Vulkan ein Schmarotzer, welcher den Flanken des älteren aufsitzt und in dessen noch erhitzten, in seitliche Spalten eingedrungenen Lavamassen wurzelt; oder die Ausbruchsstelle des aus tieferen Regionen nach oben führenden Hauptkanals hat ihre Lage gewechselt, und ein neuer hoher Vulkan erhebt sich exzentrisch über dem halbzerstörten Kegel eines älteren. Häufig ist jedoch älteres vulkanisches Gestein überhaupt nicht nachweisbar; der Kegel ruht auf kristallinischen Schiefern oder Flözgebirge. Die sichtbaren Teile der Unterlage werden zuweilen durch Auswürflinge fremden Gesteins ergänzt. — Sitzt der Vulkan einer erkennbaren Unterlage unvermittelt auf, so sollte man untersuchen, ob merkbare Verwerfungen und Zerklüftungen oder sonstige Deformationen mit seiner Entstehung verbunden gewesen sind. Andere Vulkane hingegen, und darunter viele der gröfsten, erheben sich aus einem Einbruchskessel. Ein solcher Kegel ist in weiterem Umkreis von einem ringförmigen, meist nicht allseitig geschlossenen, nach innen gerichteten Steilabbruch umgeben, an welchem die verschiedensten, das angrenzende Land zusammensetzenden Gesteine (vulkanisches Tuffland, kristallinische Schiefer, Flözgebirge) entblöfst sind. Ihre Lagerung hat keinen erkennbaren Zusammenhang mit den Grenzlinien der Versenkung. Ätna und Fudjiyama erheben sich aus solchen Trichterkesseln; ihre Lavaströme finden die äufserste Grenze an den Umfassungswänden; bis zu diesen reicht das reichbevölkerte Gartenland auf dem flachen Fufs des Kegels. Es giebt andere Fälle, in denen Vulkane aus der Querversenkung eines Gebirges aufsteigen, wie Lassens Peak und Mount Shasta in Kalifornien. — Nicht immer ist das Verhältnis so einfach und so deutlich erkennbar. Da aber die Herstellung eines Kanals, welcher den Herd des Vulkanismus im Erdinneren mit der Oberfläche verbindet, stets das Ergebnis gewaltiger mechanischer Vorgänge gewesen ist, so wird es an Spuren der letzteren meist nicht fehlen. Das Augenmerk ist daher in allen Fällen auf das Verhältnis der Vulkane zu dem Gebirgsbau zu richten.

Gegenseitiges Verhältnis verschiedener Vulkane. — Zuweilen ist ein Vulkan so isoliert, dafs das Verhältnis zu anderen in gröfserer Entfernung gelegenen erst nach genauer Erforschung des ganzen Zwischenlandes erkannt werden kann. Weit öfter sind mehrere einander nahe benachbart, und dann sind sie meist teilweise, zuweilen auch sämtlich

schon erloschen. Ihre Niederlegung auf einer Karte zeigt bald, inwieweit ihre Anordnung ein Gesetz der Verteilung erkennen läfst. Regellosigkeit in dieser Beziehung kommt vor. Zuweilen aber kann man schon von dem Gipfel eines Vulkans aus die vollkommen geradlinige Anordnung anderer erkennen. In anderen Fällen stehen einige auf einer geraden Hauptlinie, andere erheben sich seitwärts, und dann ist zu untersuchen, ob sie auf Linien stehen, die eine Beziehung zur Hauptlinie, z. B. Querstellung, darbieten, oder ob sie regellos von ihr abgetrennt sind. Häufiger findet sich eine Anordnung in leicht gekrümmter Bogenlinie. Auch dann ist auf die seitlich davon gestellten Vulkane zu achten. Von besonderem Interesse ist es, festzusetzen, ob die Herde der Ausbruchstätigkeit stetig gewesen oder gewandert sind, und im letzteren Fall, ob die Wanderung entlang einer Hauptlinie oder in anderer Weise erfolgt ist. Fand sie auf den radial gestellten Querlinien eines Bogens statt, so ist festzustellen, ob die Wanderung gegen das Zentrum hin oder von ihm hinweg geschah.

Dies ist der formale, auf die grofsen Züge der Tektonik bezügliche Gesichtspunkt. Es bieten sich zahlreiche andere Momente für die vergleichende Betrachtung benachbarter, oder zu einem und demselben Gebirgszug analog gestellter Vulkane. Dahin gehören die Beziehungen zwischen ihrer beiderseitigen Ausbruchstätigkeit und ihrer aus den Ausbruchsmassen erkennbaren früheren Entwickelungsgeschichte.

Vulkanskelette und Vulkanrümpfe. — Bei der Zerstörung eines Vulkans leistet der innere Lavakern den gröfsten Widerstand; er kann als eine glocken- oder domförmige Kuppe übrig bleiben. Griff die Lava von dem Kern aus in radiale Spalten ein, so werden im Anfang senkrechte Rippen von der Kuppe ausgehen und einen skelettartigen Aufbau veranlassen. Wo Monolithe von solchen oder verwandten, z. B. kegelförmigen Gestalten vorkommen, sollte man den früheren Aufbau aus den Überresten festzustellen suchen. Selbstverständlich bieten sich bei erloschenen Vulkanen viele Übergangsstufen zu diesen Endformen.

Posthumes Ausströmen von Dämpfen, heifsem Wasser und Gasen. — Teils unmittelbar mit tätigen oder erloschenen Vulkanen örtlich verbunden, teils in ihrem Umkreis, aber nur bis zu geringer Entfernung, begegnet man Erscheinungen, welche mit dem Vorhandensein von Sitzen hoher Wärme unter verschiedenen Stellen der Oberfläche, sowie mit dynamischen und chemischen Vorgängen in der Tiefe in ersichtlichem Zusammenhang stehen. Hocherhitztes Wasser

strömt mit mancherlei Gasen beladen aus und gibt durch meist bedeutenden Gehalt an gelösten mineralischen Stoffen Zeugnis von Angriffen auf magmatische oder Gesteinsmassen, welche es an dem Ort, von dem es kommt, oder auf seinem Wege ausgeübt hat. Die Schauplätze, wo diese Tätigkeit am intensivsten ist, werden Solfataren genannt. Bald strömt Wasserdampf mit grofser Heftigkeit aus; bald brodelt kochendes Wasser in starken Quellen. Unter den am Geruch erkennbaren Gasen sind Schwefelwasserstoff und schwefelige Säure bezeichnend. Die Gesteine werden stark angegriffen; es bilden sich Ansammlungen von Schlamm, welcher selbst ein brodelnder Pfuhl wird. In ihm setzt sich häufig Schwefel ab; er kann sich zu bedeutenden Lagerstätten häufen, die, wie bei Girgenti, nach Erlöschen der Solfatarentätigkeit abbauwürdig werden. Auch Gips und Alaun werden gebildet. Weifse, giftig gelbe, orangerote und braune Farben herrschen in dem zerfressenen Gestein; der Schlamm pflegt hellgrau zu sein. Kratere im Zustand der Ruhe bewahren durch lange Zeit die Tätigkeit von Solfataren. Aufserdem finden sich diese sporadisch in Kesseln und Spalten, sowie an den Gehängen vulkanischer Gebirge, manchmal unmittelbar von üppigster tropischer Vegetation umgeben. Man trifft sie auch in anderen Gesteinen der Umgebungen. Die Einwirkung ist besonders intensiv in vulkanischem Trümmergestein, wo das lockere Bindemittel dem unter Hindernissen durchbrechenden Wasserdampf tausend feine Kanäle anweist. Der Besuch solcher Stellen ist dem Reisenden zu empfehlen, da ihre Beobachtung ein Verständnis für eine wichtige Klasse vulkanischer Vorgänge und für eine Art von Zersetzungsprozessen gibt, deren Produkte man an Orten, wo längst jede Spur fortdauernder Tätigkeit aufgehört hat, wiedererkennt; man findet sie nicht nur in den aus jüngeren Eruptivgesteinen aufgebauten Gebirgen und deren Umgebungen, sondern auch an Schauplätzen vulkanischer Tätigkeit früherer Zeitalter.

Die Quellen kochenden Wassers sind zuweilen intermittierend, indem mehr oder weniger heftige Ergüsse, die sich bis zu einem Emporschleudern zu bedeutender Höhe steigern können, in rythmischer oder auch unregelmäfsiger Wiederholung durch Ruhepausen unterbrochen werden. Nach dem bekannten isländischen Prototyp hat man ihnen den Namen Geysir gegeben; sie sind aufserdem von Neu-Seeland und Yellowstone bekannt. Es sind bei ihnen die Intervalle der pulsierenden Tätigkeit, die Art der Eruptionen, die Beschaffenheit der wesentlich aus Kieselsinter bestehenden Absätze und die Formen ihrer Anhäufungen zu beobachten. Zuweilen findet

man letztere an Stellen, wo jetzt kochendes Wasser nicht mehr ausströmt.

Abgesehen von Solfataren und Geysirerscheinungen kommen heifse Quellen vor, welche die bei den ersteren erwähnte Gesteinszersetzung an der Oberfläche nicht ausüben und sich von den Geysirn durch beständiges Ausströmen unterscheiden. Sie sind häufig an frühere Eruptionstätigkeit unmittelbar gebunden und finden sich z. B. mit Vorliebe an solchen Stellen, wo steile Abbrüche von Granitgebirgen von Basaltausbrüchen begleitet sind; zum Teil trifft man sie weit von den Ausbruchsherden entfernt, aber doch entlang Linien, welche diese miteinander verbinden; zum Teil heften sie sich an Verwerfungslinien, welche der Spuren von Gesteinsausbrüchen ermangeln. Bei allen heifsen Quellen, einschliefslich der beiden zuerst genannten Typen, sind zu beobachten: der Temperaturgrad; das Gestein, aus welchem das Wasser entspringt; die Quantität des entströmenden Wassers; das Vorhandensein oder Fehlen von Schwefelwasserstoffgeruch; der Gehalt an Kohlensäure, an Kochsalz und anderen Mineralstoffen; die Absätze aus dem Wasser, wie Kieselerde, kohlensaurer Kalk, Eisenoxydhydrat usw., falls deren überhaupt vorhanden sind; die Lage der Quellen im Verhältnis zu Gebirgen, zu Gesteinsgrenzen und Gesteinsarten, zu Spalten und Verwerfungen. Bei der Bildung der Absätze ist auf biologische Mitwirkung zu achten.

Kohlensäuerlinge scheinen gröfstenteils die spätesten und letzten Nachwehen eruptiver Tätigkeit zu sein. Sie sind meist an Wasser von geringen Temperaturgraden gebunden. Die Orte, wo sie vorkommen, sollten auf Karten aufgetragen werden. In der Regel ordnen sie sich in langgestreckte Zonen, welche in enger Beziehung zu der Verbreitung jungeruptiver Gesteine stehen. Von um so gröfserem Interesse ist ihr Vorkommen aufserhalb dieser Gebiete. — Als frei ausströmendes Gas tritt die Kohlensäure in den Mofetten auf. Sie sind an vulkanische Gegenden gebunden und bezeichnen ebenfalls die letzten Stadien der Ausbruchstätigkeit.

Eine andere, auf dem Vorhandensein eines unterirdischen Wärmeherdes beruhende, in vielen Fällen an die Nachbarschaft von Stätten ehemaliger oder noch fortdauernder vulkanischer Tätigkeit gebundene Erscheinung ist das Ausströmen von Kohlenwasserstoffgasen. Es ist, ebenso wie bei ihrem flüssigen Zustand im Petroleum, unklar, inwieweit sie mit magmatischen Herden oder mit der Zersetzung organischer Stoffe ursächlich verbunden sind, und ihr freies Ausströmen mit tektonischen Verschiebungen in der Erdrinde

zusammenhängt. Nur in der Erscheinungsart, nicht im Wesen verschieden sind die Schlammvulkane oder Salsen: kleine Schlammkegel, aus deren Gipfel schlammiges und salzhaltiges, meist Kohlensäure und Kohlenoxyd enthaltendes und mit Erdöl vermischtes Wasser durch stark entweichendes Kohlenwasserstoffgas herausgestofsen wird. Sie haben ihre Hauptverbreitung in vereinzelten Gegenden intensiver tektonischer Bewegungsvorgänge.

Alle hier genannten Erscheinungen bilden eine Reihe von Stadien, durch welche die vulkanische Tätigkeit allmählich zum Erlöschen kommen kann. Man beobachtet sie daher in mancher Gegend nebeneinander. Sie sind ein zeitliches Analogon für die räumliche Verteilung der Gasemanationen, welche man während eines vulkanischen Ausbruches wahrnimmt.

Aufser den genannten Mineralien Schwefel und Gips finden sich manche andere Nebenprodukte der hydrothermischen Vorgänge. Die bei der Zerstetzung der Gesteine verbleibenden Rückstände sind schon in den ersten Stadien von löslichen Salzen, besonders Alaun, Gips und anderen Sulfaten, erfüllt. Später können diese ausgelaugt werden. Es entstehen einerseits festere, zellige Gesteine, andererseits lockere Erden. Bemerkenswert ist der Alaunfels, welcher aus verschiedenen Gesteinen, insbesondere aus Tuffen und Breccien, durch starke solfatarische Einwirkung entsteht. Unter den weicheren Erden ist neben mancherlei Tonen die Porzellanerde zu nennen, welche sich unter den Rückständen bei der Zersetzung vulkanischer Tuffgesteine, sowie mancher anderer Gesteine in der Nähe vulkanischer Herde findet. An Bedeutung und Interesse nehmen die erste Stelle die den Wegen der vulkanischen Dämpfe und Thermen folgenden Gangbildungen ein, insbesondere die edlen Erzlagerstätten. Sie sind in manchen Gegenden an Propylite und Dazite, seltener an andere jungeruptive Gesteine gebunden.

Jungeruptive Gesteine im allgemeinen. — Neben den oft in grofser Zahl auf kleinem Areal zusammen vorkommenden erloschenen und tätigen Vulkanen finden sich in vielen Gegenden, meist in viel bedeutenderer Massenentwickelung und räumlicher Verbreitung, Anhäufungen von Gesteinen, welche den Laven von jenen nahe verwandt sind, aber Berge und langgestreckte Gebirge gleichmäfsig aufbauen, in denen die Gesteine nicht periklinal, sondern einer Längsachse parallel in Zonen angeordnet oder in Gestalt weit aus-

gebreiteter Tafeln abgelagert sind, und bei welchen die explosive Tätigkeit nicht als wesentliches Moment erscheint. Solche Anhäufungen sind die Erzeugnisse von Massenausbrüchen. Die Beobachtung gestattet den Schlufs, dafs sie in jedem einzelnen Fall einer Periode eruptiver Tätigkeit von langer Dauer angehören, und dafs das Aufschütten von Vulkanen in Verbindung mit ihnen nur ein verhältnismäfsig unbedeutender Begleitvorgang ist. Man sollte suchen, den Anfang der Ausbrüche nach geologischer Zeitrechnung festzusetzen. In den meisten Erdräumen der östlichen Hemisphäre sind die Perioden des Jura und der Kreide Zeiten verhältnismäfsigen Mangels an unterirdischen Kraftäufserungen gewesen, während die Tertiärperiode in allen Kontinenten durch deren besondere Intensität ausgezeichnet war. Entweder begann die Ausbruchstätigkeit in ihr, oder sie steigerte sich in ihr, falls sie früher angefangen hatte. In den Anden sind die frühesten Stadien bis in die Juraperiode zurückverfolgt worden. Jeder einzelne Herd hat seine eigentümliche Entwickelung, jeder seine besondere Zeit intensivster Äufserung, die sich dann allmählich abschwächte. Die Schauplätze der jungeruptiven Tätigkeit an der Erdoberfläche ordnen sich gröfstenteils in Zonen an, in denen disjunktive Brüche eine Rolle zu spielen scheinen.

Die Gesteine der Massenausbrüche sind selten glasig oder schlackig. Aufser denen, welche bei Vulkanen vorkommen, sind noch Gesteine zu erwähnen, welche den alten „Grünsteinen“ ähnlich und als Grünsteintrachyt oder Propylit bezeichnet worden sind. Sie sind für einzelne Gegenden (insbesondere Teile der Anden von Süd- und Nordamerika und die Karpathenländer) charakteristisch und leiten dort die neuere Ausbruchstätigkeit ein. In der Zusammensetzung den Andesiten zugehörig, erscheinen sie doch als eine durch intensive Einwirkung besonderer Agentien auf das ausbrechende und erstarrende Magma veranlafste Abänderung, die von jenen hinreichend abweicht, um die Propylite zu einer charakteristischen, in ihren Haupttypen leicht erkennbaren Gesteinsreihe zu gestalten; sie sind mit den echten Andesiten durch allmähliche Übergangsstufen verbunden.

Für die Altersfolge der Massenausbrüche der jungeruptiven Gesteine, aber nicht für Vulkane, ist mehrfach die eigentümliche Reihe: Propylit, Andesit, Trachyt, Rhyolith, Basalt gefunden worden; die Ausbrüche der ersten vier hängen dann räumlich eng zusammen, während die Basalte allein ihr eigentümliches, grofsenteils unabhängiges Verbreitungsgebiet

haben. Die Reihenfolge gilt nicht für die Laven der Vulkane; bei manchen von diesen herrscht zeitlich petrographische Einheitlichkeit, bei anderen ein regelloser Wechsel. Beobachtungen über die Verhältnisse des relativen Alters, der räumlichen Anordnung und Verbreitungsart der Massenausbrüche liegen erst über einzelne Gegenden vor; jede Erweiterung derselben ist erwünscht.

Die von Vulkanen ausgeworfenen und ausgeströmten Gesteine haben enge Verwandtschaft zu Felsarten früherer Zeitalter. Denn auch in der paläozoischen und im Beginn der mesozoischen Ära fanden Ausbruchserscheinungen statt, welche denen der heutigen Vulkane genau entsprachen. Diese weit zurückliegenden Vorgänge, deren mineralische Erzeugnisse meist tief unter den Schichtmassen vergraben sind, und welche nur dem Auge des geübten Geologen erkennbar sind, hängen auf das engste mit der gesamten eruptiven Tätigkeit damaliger Zeit zusammen und bilden nur einzelne Phasen in ihr.

4. Beobachtungen an älteren Ausbruchsgesteinen.

Massengesteine fehlen vielen Erdräumen an der Oberfläche gänzlich; wo sie aber vorkommen, finden sie sich oft in reicher Entwickelung. Abgesehen von denen, welche in engstem Verband mit kristallinischen Schiefern auftreten und zum Teil schon bei der Erstarrung unter hohem Druck oder durch nachträgliche dynamische Wirkung in solche selbst verwandelt worden sind, bilden sie ihrer Umgebung gegenüber fremdartige Eindringlinge; daher entgehen sie nicht leicht der Beobachtung. Ihre Verschiedenheit untereinander beruht, wie an anderer Stelle (S. 236, 241) angegeben wurde, einerseits in der chemischen und mineralischen Zusammensetzung, andererseits in der Textur, d. h. in der relativen Ausbildungsart der einzeln an der Zusammensetzung teilnehmenden Mineralien, welche (abgesehen von der lösenden Wirkung des in dem Magma enthalten gewesenen überhitzten Wassers) wesentlich eine Funktion der Erstarrungsvorgänge ist. Zu jeder Zeit konnten Gesteine von verschiedenen Texturabänderungen aus demselben Magma entstehen. Langsame Erstarrung ausgedehnter Massen in gröfseren Erdtiefen war der Ausbildung granitischer Textur günstig, während porphyrische Textur darauf hinweist, dafs die Ausscheidung gröfserer Kristalle unter ähnlichen Bedingungen begann, das noch flüssige Magma aber durch Eindringen in Spalten oder Hohlräume von beschränkterer Ausdehnung in abgekühltem Gestein, oder durch Aufsteigen an die Erdoberfläche unter Bedingungen gelangte,

wo in schnellerem Verlauf eine feinkörnige kristallinische Erstarrung des Restes erfolgte; bei noch gröfserer Beschleunigung des Weges an die Oberfläche konnte mindestens ein Teil glasig oder amorph erstarren. Aufserdem wurde die petrographische Ausbildung durch Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung, den Grad der Beimengung überhitzten Wassers, sowie mancher geringfügig erscheinenden Stoffe, und durch Druck beeinflufst. Infolge der Denudation können Erstarrungsmassen verschiedener Tiefen an der gegenwärtigen Zusammensetzung der sichtbaren Erdoberfläche teilnehmen.

Betreffs der Ursache der chemischen Verschiedenheit der Massengesteine haben sich die Anschauungen geändert. Während Robert Bunsen zwei Herde von extremen Zusammensetzungen annahm und die Verschiedenheit der Gesteine durch verschiedengradige Mengung von Teilen des Magmas aus beiden Herden erklärte, und nachher die von Sartorius von Waltershausen begründete Theorie von einer Abstufung der Gemenge nach Kieselsäuregehalt und spezifischem Gewicht von der Erstarrungsoberfläche nach den Tiefen der Erdrinde die Herrschaft gewann, hat sich in neuerer Zeit die zuerst von Clarence King aufgestellte, dann von mehreren hervorragenden Petrographen in grofser Feinheit ausgebildete Theorie von der Entstehung chemisch sehr verschiedener Gesteine aus demselben Magma durch dessen Differenzierung (magmatische Spaltung) Bahn gebrochen. Diese konnte sich entweder durch Sonderung nach dem spezifischem Gewicht, oder durch örtliche Konzentration gewisser Bestandteile gegen die Abkühlungsflächen hin vollziehen.

Das Alter von Eruptivgesteinen ist oft schwer festzustellen. Findet man sie mit Schichtgebilden wechsellagernd und gleichzeitig Material für deren Zusammensetzung abgebend, so gehören sie deren Altersstufe an. Für die Untersuchung gelten dann dieselben Gesichtspunkte wie für die jungeruptiven Gesteine; man kann in mancher Gegend eine Geschichte des Vulkanismus früherer Zeitalter, z. B. des permischen oder triassischen, erkennen. Bilden Eruptivgesteine Gänge, die durch die Erdoberfläche abgeschnitten werden, so ist diese nicht mehr die frühere Oberfläche; die Gänge sind jünger als das umgebende Gestein. und ihre Bildungsvorgänge vollzogen sich in gewisser Tiefe. Grofse unregelmäfsige Massen können ihren Ursprung in Massenausbrüchen (S. 290) an der vormaligen Erdoberfläche haben, was manchmal nicht leicht zu entscheiden ist; sie können sich auch als Lakkolithe (S. 244) zwischen ältere Schichtmassen in solcher Weise

eingedrängt haben, daſs sie von diesen überwölbt wurden; dann wird man in der Regel noch deren Reste finden. Der Mechanismus der Entstehung anderer, nach Horizontale und Vertikale sehr ausgedehnter, gleichartiger, in der Tiefe erstarrter Massen, wie die granitischen Gesteine sie häufig bieten, ist schwer zu erklären; er hängt vielleicht mit dem Eindringen von durch Druckentlastung verflüssigtem Magma in die durch Abstau bei Zerrungsvorgängen entstehenden Räume zusammen, da ein Hohlbleiben von solchen nicht angenommen werden kann. Wo man derartige Massen findet, muſs sehr bedeutende nachträgliche Abräumung von Gesteinsmassen vorausgesetzt werden. Zu gröſserer Sicherheit erheben sich diese Schluſsfolgerungen bezüglich der Gesteine mit granitischer Textur, wenn sie eine erhebliche metamorphische Einwirkung auf umgebende Sedimentgesteine ausgeübt haben, und diese von Ausläufern der Ausfüllungsmassen gangartig durchzogen werden. Dann treten unter diesen die verschiedensten magmatischen Abspaltungen auf, und man sollte mit Aufmerksamkeit alle vorkommenden Gesteinsarten sammeln.

Der Reisende wird sich gewöhnlich damit begnügen müssen, die Ausbruchsgesteine nach ihrem makroskopisch erkennbaren Charakter und der Art ihres Auftretens mit Rücksicht auf die umgebenden Gesteine zu studieren. Zuweilen mag es ihm gelingen, Material zur Aufklärung ihres allgemeinen geologischen Verhaltens beizubringen. Es mögen hier nur noch einige weitere Winke betreffs einzelner Gesteine gegeben werden.

Granit. — Man kann zwei verschiedene Arten des Auftretens der Granite unterscheiden: 1. in Verbindung mit Gneiſs von ganz gleicher Zusammensetzung. Dann gehen beide Gesteine unmerklich ineinander über; die Glimmerblättchen und Feldspatkristalle, welche im Granit verschieden orientiert sind, nehmen parallele Lagerung an, und durch zunehmende Vervollkommnung der Parallelstruktur entsteht echter Gneiſs. Die Übergänge wechseln häufig mehrere Male in geringer Entfernung. Dieser Gneiſsgranit oder Urgranit hat vielleicht, da ältere Gesteine nicht bekannt sind, die nächsten Beziehungen zur Erstarrungsrinde der Erde. — 2. in die Lagerung von kristallinischen Schiefern und Sedimentgesteinen in abnormer Weise eingreifend. Diese als intrusiv zu bezeichnenden Granite bilden unregelmäſsig begrenzte Massen (Stöcke) von groſser Ausdehnung, deren Liegendes kaum jemals mit Sicherheit gefunden worden ist, und zeichnen sich in der Regel durch nach oben flach gewölbte, schalenförmige Absonderung und senkrechte Zerklüftung der Schalen nach zwei zueinander rechtwinkligen

Richtungen aus. Die von den dreifachen Kluftflächen aus fortschreitende Verwitterung bringt Auflösung in rundliche Blöcke hervor, welche bald in unregelmäſsiger Anhäufung an der Ursprungsstelle liegen bleiben und durch Auswaschen des gelockerten Zwischenmittels abenteuerliche Formen auf Bergrücken bilden, bald an den Abhängen hinabrollen und regellos aufeinanderlagern, so daſs Höhlungen (in manchen Ländern die Stätten religiöser Einsiedler) zwischen ihnen bleiben. Höhlungen können auch in dem mürben zersetzten Gestein zwischen den davon umschlossenen fest gebliebenen Blöcken auf ursprünglicher Lagerstätte des Granits künstlich leicht angelegt werden. — Wo intrusive Granite im Sedimentgebirge auftreten, ist dieses gewöhnlich bis auf beträchtliche Entfernung zu Gesteinen vom Charakter der kristallinischen Schiefer metamorphisiert. Solche Stellen sind stets eingehender Untersuchung wert. Der veränderte Kalkstein ist häufig reich an schön kristallisierten Mineralien. Jede Feststellung des Alters von Granit ist von Interesse. Es scheint in manchen Fällen bis in die Tertiärzeit herabzureichen.

Der intrusive Granit tritt auch in Gängen auf; sie sind besonders in der Nachbarschaft der groſsen Stöcke desselben zahlreich. Oft wird er selbst wieder von Gängen meist feinkörnigen Granits, oder auch von solchen von Pegmatit durchsetzt. Auch Quarzgänge pflegen in den metamorphischen Zonen und im Granit selbst häufig aufzutreten. Sie helfen zuweilen zur Altersbestimmung des letzteren, indem man beobachtet, welches die jüngsten von ihnen durchzogenen Gebilde sind. In manchen Gebirgen sind diese Gänge goldführend.

A n d e r e E r u p t i v g e s t e i n e. — Nach Abzug der jugendlichen vulkanischen Gesteine und des Granits bleiben noch eine Anzahl wichtiger und häufig vorkommender Gesteine übrig, welche nach chemischer und mineralischer Zusammensetzung eine Kette zwischen den Endgliedern Granit und basaltischer Lava bilden und durch analoges geologisches Auftreten wie durch analoge Entstehungsweise untereinander verbunden sind. Es gibt kieselsäurereiche oder saure Gesteine, wie Granit, Syenit, Quarzporphyr und Porphyrit, und kieselsäurearme oder basische, zu welchen Diabas, Gabbro, Diorit, dunkle Porphyre (Melaphyr und Augitporphyr) und verschiedene dichte, nur mit Hilfe des Mikroskops voneinander zu sondernde Gesteine von dunklen, meist grünlichen und grauen Färbungen gehören. Die sauren Gesteine nähern sich in der Gröſse ihrer Ausbruchsmassen, wie sie besonders dem Quarzporphyr und Porphyrit eigentümlich sind, dem Granit; die basischen trifft man vor-

waltend in Gängen, welche die Sedimentgesteine durchsetzen, sich oft vielfach verzweigen und entweder blind endigen oder gegen die Oberfläche hin in Kuppen, Decken und Lager übergehen, die zuweilen wieder von anderen Sedimentgesteinen bedekt sind. Diese Formen trifft man auch bei sauren Gesteinen, aber seltener ahmen die basischen die grofsen Ausbruchsmassen der letzteren nach. Erst unter den jungeruptiven Gesteinen erhalten die basischen die Oberhand.

Die Anwesenheit, Lagerungsform und Verbreitung gewisser Eruptivgesteine nachgewiesen zu haben, ist an sich von Interesse; doch wird dieses erhöht, wenn man in jeder einzelnen Gegend das Alter und die Aufeinanderfolge der einzelnen Gesteinsarten festsetzen kann. Ersteres bestimmt man, soweit es möglich ist, aus dem Alter der unterlagernden und durchsetzten Schichten, welche älter sind, und der überlagernden Gesteine, welche, aufser im Fall der Lakkolithe, jünger sind als das Eruptivgestein. Die Aufeinanderfolge ergibt sich aus den gegenseitigen gangartigen Durchsetzungen verschiedener Eruptivgesteine, sowie aus den Fragmenten, welche einzelne derselben umschliefsen, indem im ersteren Fall das durchsetzte Gestein, im zweiten dasjenige, von dem die Einschlüsse stammen, das ältere sein mufs. Bei den Konglomeraten ist zu beachten, ob die Einschlüsse eckig oder gerundet sind, ob die ganze Gesteinsmasse sich strukturlos hoch auftürmt, oder in dicken Bänken oder in dünneren Schichten abgelagert ist. Wenn sie Anzeichen des Ausströmens unter Wasser aufweisen, wird man in über- und zwischengelagerten Schichten nach Versteinerungen zu suchen haben, aus denen sich auch das Alter des Eruptivgesteins ergibt.

5. Beobachtungen über nutzbare Mineralien.

Der Begriff „nutzbare Mineralien“ ist weit und unbestimmt. Ein Erz oder Mineral, welches in einer Gegend von höchstem Nutzen ist, kann in einer anderen fast oder ganz wertlos sein. Der Reisende sollte nun zwar überall in weniger bekannten oder unbekannten Ländern seine Aufmerksamkeit diesem Gegenstand zuwenden, da die Möglichkeit, Ergebnisse von praktischer Bedeutung zu gewinnen, häufig vorhanden ist. Aber gleichzeitig sollte er mit Vorsicht alle Umstände prüfen, welche die Gewinnung und die Verwertung eines Minerals betreffen, um nicht unerfüllbare Hoffnungen zu erwecken oder erfolglose Unternehmungen zu veranlassen. Vorsicht ist besonders denen anzuraten, welche entweder überhaupt nur unbestimmte Vor-

stellungen von den Bedingungen der Verwertbarkeit besitzen, oder ihre Erfahrungen einem Land entnehmen, wo Gewinnungskosten, Wert des Minerals und Verfrachtungsmittel in günstigem Verhältnis stehen. Solchen wird es oft schwer, eine andere Kombination der verschiedenen Bedingungen in richtiger Weise zu würdigen. Ausgezeichnete Kenner haben Mifsgriffe begangen, wenn sie von einseitiger Erfahrung ausgegangen sind.

Es ist nicht möglich, betreffs der praktischen Gesichtspunkte bestimmte Regeln anzugeben. Eine mäfsig reiche Erzlagerstätte kann bei guten Beförderungsmitteln trotz grofser Entfernung von dem Ort der Zugutemachung gewinnbringend sein, eine andere, noch reichere, allein durch den Umstand eines regenlosen Klimas dem Abbau unüberwindliche Schranken entgegensetzen oder durch die Lage in einer schwer zugänglichen Gebirgsgegend jeden Gewinn ausschliefsen. Sind billige Arbeit, gutes Brennmaterial, Wasser, Wasserkraft und leichte Beförderungsmittel vorhanden, so ist oft eine arme Lagerstätte noch mit Erfolg auszubeuten. Es ist eben eine Summe von Bedingungen erforderlich, von denen in seltenen Fällen alle einen positiven, häufiger dagegen einige einen positiven, andere einen negativen Wert haben. Oft kann nur die sorgfältigste Berechnung ergeben, ob die Gesamtsumme positiv oder negativ ist.

Im folgenden sollen nur die wichtigsten unter den nutzbaren Mineralien in Kürze behandelt werden.

a) **Steinkohlenlagerstätten.** — Wo Steinkohle bergmännisch nicht gewonnen wird, kann nur ein glücklicher Zufall auf ihre Entdeckung führen. Denn selbst wenn man mit Hilfe von Versteinerungen das Vorhandensein der Steinkohlenformation nachweist und sie in einer solchen Weise entwickelt findet, wie sie in anderen Ländern die günstigste für die Führung von Kohle ist, kann man doch einerseits nicht mit Sicherheit auf deren Vorkommen rechnen und anderseits selten hinreichende Aufschlüsse erhalten, um Bestimmtes darüber festzustellen. Meist haben die Landesbewohner die Eigenschaften der Steinkohle längst kennen gelernt und beuten sie so weit aus, als ihre einfachen Mittel es erlauben. Gelingt es, die Orte auszukundschaften wo dies geschieht, so geben sie passende Anhaltspunkte für den einzuschlagenden Reiseweg; denn man darf an ihnen, neben der Möglichkeit praktisch wichtiger Erfolge, stets allgemein wertvolle geologische Aufschlüsse erwarten, für die es sonst oft schwer ist einen Fingerzeig zu erhalten.

Kommt man an einen Ort, wo Bergbau getrieben wird,

so hat man zuerst den Charakter der Kohle, des Flözes, welches sie führt, und der einschliefsenden Schichten zu untersuchen. Ist die Kohle von schwarzer oder schwarzbrauner Farbe? Oder gibt sie, wenn sie schwarz wird, beim Zerreiben oder Ritzen ein braunes Pulver? Ist sie fest oder zerfallend, spröde oder mild, mit dem Messer schwierig oder leicht zu ritzen? Hat sie einen muscheligen, splitterigen oder erdigen Bruch? Ist sie in Lagen abgeteilt (schieferig), oder homogen, oder spiegelklüftig? Enthält sie Verunreinigungen (erdige oder schieferige Bestandteile, Schwefelkies, dünne Blättchen von Dolomit), oder ist sie frei davon? Brennt sie ohne Flamme und Rauch, oder auch nur mit einer schwach bläulichen, nicht leuchtenden Flamme (in beiden Fällen Anthrazit), oder mit schwacher gelber und wenig rufsender Flamme (magere Kohle), oder mit langer, stark rufsender Flamme (fette Kohle)? Geschieht beim Verbrennen ein Aufkochen und Zusammenbacken der Stücke (kokende oder backende Kohle), oder verbrennen sie ohne merkliche Änderung und ohne sich zu vereinigen (Schmiedekohle)? Bleibt viel oder wenig Asche zurück? Ist diese im ersteren Fall fein und leicht, oder bleibt sie in Stücken (Klinker)? Brennt die Kohle leicht bei offener Luft, oder bedarf sie eines starken Zuges? Wird am Orte selbst Koks bereitet, und wie geschieht dies? Wie sind die Öfen konstruiert, in denen die Eingeborenen die Kohle verbrennen?

Den Charakter des Flözes kann man nur durch Befahren der Grube wirklich kennen lernen. Dies ist oft nicht ausführbar, und man ist auf Ausfragen angewiesen. Die Angaben über die Mächtigkeit lassen sich kontrollieren, indem man die Länge der Grubenhölzer, welche als Stützen dienen sollen, mifst. Es fragt sich dann, ob die Kohle in der ganzen Mächtigkeit des Flözes gleich ist, oder in den hangenden oder liegenden Teilen einen anderen Charakter annimmt. Es ist ferner zu erforschen, ob mehrere Flöze übereinander aufgeschlossen, und durch wieviel Zwischenmittel sie voneinander getrennt sind. Man erhält darüber meist unbefriedigende Auskunft, da die angewendeten einfachen Methoden gewöhnlich nur den Abbau eines Flözes durch eine Grube erlauben. Wenn die Flöze unter einem Winkel gegen die Oberfläche geneigt sind, so wird in der Regel eine im Schichtenstreichen gelegene Reihe von Gruben ein Flöz bezeichnen. Findet sich dann in gewissem Abstand eine andere, parallele Reihe von Gruben, so sollte man aus der Beobachtung der Schichten zu ermitteln suchen, ob sie ein zweites Flöz, und ob fernere

Reihen von Gruben noch andere Flöze bezeichnen, oder ob man es mit Verwerfungen zu tun hat. In Gebirgsgegenden kann man die Flöze oft an Talgehängen oder an den Wänden von Erosionsfurchen in Schichtendurchschnitten aufgeschlossen sehen. Sie sind dort so verändert, dafs man den Charakter der Kohle und die Mächtigkeit nicht beurteilen kann; aber die Frage der Mehrheit der Flöze und ihrer Abstände läfst sich alsdann lösen.

Das Studium der einschliefsenden Schichten ist wichtig, teils weil man nur dadurch hoffen darf, die geologische Epoche zu bestimmen, welcher die Kohle angehört, teils weil man mittels derselben in den Stand gesetzt wird, festzusetzen, ob andere Flöze, die man in derselben Gegend findet, sich mit dem ersten in gleicher Lagerung befinden, oder von ihm hinsichtlich der Stellung in der Schichtenreihe verschieden sind. Fast immer sind Steinkohlenflöze von dunklen Schiefertonen, welche aus Schlammabsätzen entstanden sind, begleitet, entweder nur im Liegenden, oder im Liegenden und Hangenden, während die einzelnen Flöze mit ihren zugehörigen Schiefern durch Schichten von Sandstein und Konglomeraten voneinander getrennt sind, und das oberste häufig noch durch sehr mächtige Folgen meist roter Sandsteine überlagert wird. Die Schiefer führen fast stets Pflanzenabdrücke, diejenigen des Liegenden hauptsächlich die Wurzelstöcke, diejenigen im Hangenden die Stengel und Blätter. Wenn Flöze geringe Mächtigkeit haben, werden zur Erleichterung des Abbaues Teile der hangenden Schiefer, seltener Teile der liegenden, mitgefördert und auf Halden gestürzt. Hier hat man sorgfältig nach Pflanzenresten mit deutlich erhaltener Blattnervatur zu suchen, aus denen das Alter der Formation bestimmt werden kann. Es gibt auch Kohlenflöze, welche zwischen Schichten von Kalkstein lagern; doch auch sie sind fast ausnahmslos von Schiefern begleitet. Der Kalkstein wird an der Grenze der Schiefer gewöhnlich mergelig und umschliefst Meereskonchylien, welche eine noch sicherere Altersbestimmung als die Pflanzen erlauben. Besonders wertvoll ist die letztere, wenn die Versteinerungen aus Schichten stammen, die zwischen den Flözen liegen.

Die Steinkohle kann in Schichten von verschiedenem Alter auftreten. Sie fehlt gänzlich den archaischen Formationen und kommt im Silur und Devon so selten und untergeordnet vor, dafs man auf ihr Aufsuchen nicht viel Mühe verwenden sollte, wenn Versteinerungen auf diese Altersstufen des Schichtgebirges schliefsen lassen. Erweisen sie hingegen diejenige des weit

verbreiteten und meist durch Fossilführung gut charakterisierten Kohlenkalkes, oder des ihn vertretenden, schwer erkennbaren Kulm, so befindet man sich an der Basis der eigentlichen „produktiven Steinkohlenformation“. Der Kohlenkalk oder Bergkalk ist meist sehr mächtig und bildet ein wichtiges Glied im Bau vieler Gebirgsländer. Er führt zuweilen Steinkohlenflöze, die aber meist von untergeordneter Bedeutung sind. Erst die Sandsteine und Schiefertone, welche sich oft viele tausend Fuſs mächtig über ihn lagern, enthalten weitaus den gröſsten Teil des Steinkohlenreichtums der Erde. In einigen Ländern zerfallen sie in die zwei deutlich getrennten Glieder des Carbon und des Rotliegenden; in anderen bilden sie eine kontinuierliche, untrennbare Reihe. Wegen ihrer leichten Zerstörbarkeit sind sie über weite Landstriche den denudierenden Agentien vollständig unterlegen und haben den Kohlenkalk als Oberflächengebilde zurückgelassen. Bei horizontaler Lagerung sind sie erhalten, wenn andere Schichtgesteine, oder schützende Decken von Eruptivgesteinen oder festen Konglomeraten sich darüber ausbreiten, oder wohl auch, wenn das aus Carbon bestehende Tafelland sich dauernd in relativ tiefer Lage befand. Wo hingegen die steinkohlenführenden Schichten an den Faltungen und Verwerfungen der Gebirge teilnehmen, wurden einzelne Teile von ihnen stark exponiert und durch Denudation leicht entfernt, während andere, und zwar besonders die Muldenteile der Falten, oder grubenartig eingesenkte Bruchstücke, in tiefe und geschützte Lage kamen. Man findet daher das produktive Carbon sehr häufig in muldenförmiger Lagerung, welche die Auffindung und Untersuchung ebenso wie den Abbau erschwert.

Alle Sedimentformationen, welche jünger als Carbon sind, können Steinkohlenflöze enthalten. An das Perm sind sie in dem vom Himalaja bis zum südlichen Australien und dem Kapland gelegenen Teil der Erde in erster Linie gebunden. Lias und Jura sind oft reich an Kohle; wertvolle Flöze aus dieser Zeit finden sich zerstreut besonders in Süſswasserablagerungen im ganzen mittleren und nördlichen Asien, bis an das südchinesische Meer. Auch in der Kreide-Periode sind Flöze von guter Beschaffenheit abgelagert worden, z. B. in Japan und an der Westküste von Amerika. Das Tertiär umschlieſst sehr häufig Flöze von Braunkohle, die aber auch von erheblicher Bedeutung sein können.

Wo immer der Reisende Steinkohle findet, sollte er sich bestreben, eine genaue Aufnahme des Kohlenfeldes herzustellen. Die Arbeit wird wesentlich erleichtert, wenn Grubenwerke Auf-

schlufs über die Lagerung geben. Mit Kompafs, Bleistift und Papier verfolgt man die Lagerung bis zu den Grenzen gegen ältere Formationen, wenn sich diese feststellen lassen, und verfertigt eine Skizze von dem gesehenen Teil des Kohlenfeldes, sowie Entwürfe der Lagerungsverhältnisse, mit genauer Einzeichnung aller Streichrichtungen und Fallwinkel. Der einfachste Fall ist gegeben, wenn kohlenführende Schichten ungestört in einer von älteren Gesteinen im Halbkreis begrenzten Bucht gelagert sind. Besonders findet man tertiäre Braunkohle, sowie überhaupt jüngere Kohle häufig unter solchen Verhältnissen. Zuweilen sind es nur kleine Becken, zuweilen sind sie von aufserordentlicher Gröfse. Durch Auseinandertreten der beiden Flügel entstehen Übergänge dieser Buchteinlagerungen in solche Kohlenfelder, deren Schichten einem Gebirge vorliegen und demselben angelagert sind, und endlich in solche, welche eine ganze Mulde zwischen zwei Gebirgen ausfüllen oder eine tafelartige Decke von grofser Ausdehnung bilden. Gröfsere Schwierigkeit bietet sich der Untersuchung, wenn durch nachträgliche Störungen die kohlenführenden Schichtensysteme Verwerfungen und Faltungen erfahren haben, von Eruptivgesteinen durchbrochen und zum Teil durch Erosion fortgeführt sind. Die Kohlenschichten werden dann zu Nebenzonen von Faltungsgebirgen aufgebogen, oder bilden ein welliges Land zwischen zwei Gebirgen, oder sind hier und da in einem zwischen anderen Schichtgesteinen eingeklemmten und hoch aufgerichteten Fragment einer alten Buchteinlagerung mitten in Gebirgen anzutreffen. Solche Umstände sind von der gröfsten Wichtigkeit für die Bestimmung des ökonomischen Wertes des Kohlenfeldes. Wissenschaftliche Ausbeute erhält man oft am reichsten von solchen, welche nur einen untergeordneten praktischen Wert haben; es sollte daher keines seiner geringen Bedeutung wegen übersehen werden.

Der wirtschaftliche Wert eines Kohlenfeldes hängt aufser von der Lagerung und der Beschaffenheit der Kohle auch von der geographischen Lage ab. Wo Bergbau stattfindet, ist es von Interesse zu wissen, wie weit das Produkt gegenwärtig verführt wird, und wie weit es bei Verbesserung der Verkehrsmittel verführt werden könnte. Die Entfernung nach einem Hafenplatz oder einem schiffbaren Flufs sollte stets erfragt und die Gelegenheit zur Anlage vollkommenerer Beförderungsmethoden erforscht werden. Auch sind Angaben über die beim Bergbau angewendeten Methoden, die Mittel zur Förderung und Wasserhebung, den Betrag der täglichen Förderung, die Kosten derselben, die Höhe des Tagelohnes, die Preise der

Materialien stets erwünscht; sie müssen sofort in das Merkbuch eingetragen werden. Man kann damit unmittelbar die Untersuchung über die Möglichkeit der Einführung eines vervollkommneten Betriebes verbinden.

b) **Erzlagerstätten im festen Gestein.** — Der Reisende sollte nie unterlassen, zu erfragen, woher das Eisen, Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Silber, Gold, das die Eingeborenen anwenden, bezogen wird. Nur nach oft wiederholter Erkundung kann er einigermafsen sicheren Aufschlufs bekommen. Ergibt sich daraus, dafs er Gelegenheit hat, eine Erzlagerstätte zu besuchen, so sollte er sie nicht versäumen.

Manche gehen in wenig bekannte Länder mit der Erwartung, neue, auch den Eingeborenen nicht bekannt gewesene Lagerstätten von Erzen und Mineralien zu entdecken. Betreffs der Steinkohle kann es allerdings gelingen, wenigstens sichere Spuren ihres Vorkommens und gegründeten Anhalt für Schürfung zum Zweck der Prüfung der Abbauwürdigkeit zu finden. Hinsichtlich der Lagerstätten von Metallen aber wird dies nur in äufserst seltenen Fällen sofort der Fall sein. Der „eiserne Hut“, welcher aus den zersetzten Massen am Ausgehenden der Erzgänge besteht und dem Kundigen dieselben anzeigt, während er sie dem Unkundigen verbirgt, ist in vegetationslosen Felsgebirgen oft weithin kenntlich; man sollte dann die Mühe nicht scheuen, die unscheinbaren, rostbraun gefärbten Bestandteile desselben genau zu untersuchen. Aber in der Regel ist er durch Pflanzenwuchs oder Erdboden vollständig verhüllt. Zufällige Funde im Schutt leiten oft zuerst zu der Auffindung von Erzspuren. Sucht man ihren Herstammungsort auf, so kann es gelingen, eine Erzlagerstätte zu entdecken. Aber dies ist schwierig und setzt Erfahrung voraus. Übung darin haben sich die sogenannten, meist wissenschaftlich ungebildeten „Prospectors“ von Kalifornien, den amerikanischen Weststaaten überhaupt und Australien auf rein empirischem Weg in einem oft bewunderungswerten Grad erworben, und sie sind im allgemeinen am erfolgreichsten, was neue Funde in jenen an kahlen Stellen sehr reichen Gegenden betrifft. Aber vieles entgeht auch ihrem Blick. Überall bereitet sorgfältige geologische Erforschung am besten und sichersten die Wege, um im Lauf der Zeit die Lagerstätten von Mineralien und Erzen aufzufinden. Insbesondere hilft sie dazu, die Gebiete, in welchen man nach Erzen oder Kohlen suchen kann, räumlich einzuschränken, dagegen diejenigen, in denen jedes Suchen aussichtslos sein würde, von vornherein auszuschliefsen. Leuchtet auch, z. B. bei Kolonialbesitz, der Vorteil einer kostspieligen

auf rein wissenschaftlicher Grundlage auszuführenden geologischen Erforschung und Kartierung nicht sofort ein, so ist er doch nicht hoch genug zu veranschlagen; denn solche systematische Erforschung kann nicht allein durch unmittelbare Auffindung des Nutzbaren praktischen Erfolg haben, sondern auch, insbesondere durch die angedeutete räumliche Beschränkung des für Bergbau in Betracht zu nehmenden Areals, einen weit gröfseren Betrag von Kosten, als sie selbst verursacht, ersparen. Man gewinnt durch sie eine feste Grundlage. An ihrer Hand kann man gleichsam bei Tageslicht suchen, während man ohne sie auf das Tappen im Dunkeln angewiesen bleibt.

Eisenerze sind besonders wichtig, wenn sie in einer steinkohlenführenden Formation auftreten. Auch sonst sind sie häufig ein Bestandteil von Sedimentgebilden, besonders den älteren, in denen sie zuweilen ausgedehnte Einlagerungen bilden. *Spat-*, *Ton-* und *Brauneisenstein* walten unter solchen Verhältnissen vor. Es ist die Art der Verteilung, die relative Menge des Erzes und seine Qualität zu untersuchen. Belegstücke sollten sowohl von den besten Sorten als von den an Masse vorwaltenden gesammelt werden. Eine beachtenswerte Form des Vorkommens findet sich häufig an der Grenzfläche von Kalkstein und überlagernden tonigen Gebilden; in grofsen unregelmäfsigen Höhlungen an der Oberfläche der Kalksteine liegen Eisenerze mit bunten Tonen. Man sollte untersuchen, ob sie ihre Entstehung der Auflösung und Fortführung eines Teiles der Kalksteine verdanken. Wertvoll sind derartige Vorkommnisse besonders, wenn sie an der oberen Fläche des Bergkalkes auftreten und steinkohlenführende Schichten darüber lagern. Die Tone können dann für Verhüttungsprozesse Wichtigkeit haben. — *Magneteisenstein* und *Roteisenstein* bilden Lagerstätten von grofsartigem Umfang, vorwaltend in kristallinischen Schiefern. Bei ihnen. sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen: Welches sind die begleitenden Gesteine? (Es ist besonders auf Granulit, Gneifs, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, kristallinischen Kalkstein und Serpentin zu achten). Finden sich massive Erzkörper in regelmäfsigen Zwischenlagern (Mächtigkeit, Anzahl, Fallen und Streichen, Art der trennenden Mittel), oder in mächtigen linsenförmigen oder stockförmigen Massen (Ausdehnung derselben)? Wie verhält sich deren längste Achse zum Streichen und Fallen der Schichten? Sind die Nebengesteine von Erzen imprägniert (Falbänder)? Welche Mineralien finden sich als Verunreinigungen in den Erzkörpern? — *Eisenkies* tritt, abgesehen von seinem überaus häufigen untergeordneten Vorkommen, in sehr ausgedehnten Zwischenlagern

und Reihen ungeheurer Linsen in Tonschiefern und Glimmerschiefern auf. Er ist in dieser Art des Auftretens an einzelnen Orten durch geringen Gehalt an Kupfer ein wichtiges Erz für die Gewinnung dieses Metalles. — *Spateisenstein* findet sich, gleich den genannten Erzen, in Gestalt grofser Einlagerungen in den älteren Formationen. Die Entstehung dieser verschiedenen mächtigen Erzkörper wird zum Teil auf magmatische Ausscheidung (s. S. 292), zum Teil auf ursprünglichen Absatz, und zum Teil auf nachträgliche Imprägnation nichtkalkiger Gesteine durch metallhaltige Lösungen (epigenetische Erzlager), zum Teil auf metasomatische Umwandlung von Kalkstein durch derartige Lösungen, d. h. chemischen Ersatz der Kalkbasis durch eine Eisenbasis, zurückgeführt. — Auch der *Raseneisenstein*, welcher sich unter dem Einflufs der Vegetation an sumpfigen Stellen bildet, ist zuweilen von Bedeutung, und in manchen Gegenden (Zentralafrika) scheint Eisen aus Laterit gewonnen zu werden. Hierbei kommt den Eisenbakterien eine, wie es scheint, aufserordentlich bedeutende Rolle zu.

Die anderen Metalle kommen, mit Ausnahme einiger nicht unwichtiger Kupfererzlagerstätten, vorwaltend auf Erzgängen vor, d. h. in Spalten, welche verschiedene Gesteine durchsetzen und auf dem Wege chemischer Vorgänge, insbesondere, wie es scheint, durch Sublimation von unten, durch aufsteigende Thermalgewässer, oder durch Auslaugung des Nebengesteins, ausgefüllt worden sind. Ihre Bildung hängt häufig mit Vorgängen zusammen, welche das Aufsteigen von Eruptivgesteinen durch andere Spalten zur Folge hatten. Das Studium der letzteren in Erzdistrikten wird dadurch besonders wichtig; denn allgemeine Schlüsse lassen sich erst aus der Ansammlung zahlreicher Tatsachen ziehen. Da die jüngsten Schichtgebilde auch nur von den jüngsten Eruptivgesteinen, die älteren aber von denen aus verschiedenen Zeitaltern durchbrochen werden konnten, so ist es wahrscheinlich daraus zu erklären, dafs, je älter eine Formation, desto gröfser im allgemeinen ihr Reichtum an Erzgängen und die Mannigfaltigkeit derselben ist.

Bei dem einzelnen Erzgang ist zu untersuchen: das Streichen und Fallen; die Mächtigkeit in verschiedenen Teilen; ferner die Grenze gegen das Nebengestein; das Gangmittel kann scharf gegen dasselbe abgegrenzt sein und ist dann gewöhnlich durch eine dünne, lettige Lage (Besteg) davon getrennt, oder es kann (und dies ist oft im Hangenden der Fall) allmählich in dasselbe übergehen, indem zahlreiche Bruchstücke des Nebengesteins dem Gangmittel inneliegen, und das letztere

in zersetzte Massen von jenem eingreift, oder sich in kleinen Gängen und Schnüren hinein verzweigt. Es kann dann eine Zertrümmerung des Hangendgesteins durch Gleitung vorliegen. Überhaupt ist jeder grofse Gang auf die Verschiebung der beiden einschliefsenden Gesteinskörper zu untersuchen. Dieselbe kann, da grofse Bruchflächen stets uneben sind, der Erscheinung zugrunde liegen, dafs eine Gangspalte Stellen der Erweiterung und der Verengung hat und sich an anderen Stellen vollkommen schliefst. — Es ist ferner das Gangmittel zu untersuchen, ob es Quarz, Kalkspat, Eisenspat, Flufsspat, Schwerspat oder nur Erz ist; ferner die Erzverteilung: sind die Erze eingesprengt, oder in abwechselnden, den Seitenwänden parallelen Lagen angeordnet? Und wie ist die Aufeinanderfolge? Finden sich hohle, mit Drusen bekleidete Räume, und wie folgen in diesen die Mineralien aufeinander? Selten ist ein Gang in seiner ganzen Ausdehnung in gleicher Weise von Erzen erfüllt; sondern wenn man einen horizontalen Querschnitt durch den Gang legt, wechseln in gewissen Entfernungen erzarme und erzreiche Mittel. Es hat sich an vielen Gängen gezeigt, dafs die reichen Mittel einzelne Erzkörper darstellen, welche in schiefer Richtung nach der Tiefe ziehen. Der Abbau wird darüber Aufschlufs geben. Ebenso hat sich oft gezeigt, dafs die Erzführung aufhört oder sich ändert, wenn der Gang in ein anderes Gestein übersetzt; auch darüber sind Tatsachen zu sammeln. Wo mehrere Gänge vorhanden sind, hat man ihre Anordnung zu untersuchen; namentlich ist festzustellen, ob sie sämtlich in ihren Flächen einander parallel gerichtet sind, oder ob sie einzelne, verschieden streichende Systeme paralleler Gänge darstellen; ob sich die Gänge kreuzen, und an den Kreuzungsstellen Anreicherung des durchsetzenden Ganges stattfindet, oder ob sich zuweilen zwei Gänge miteinander vereinigen (scharen), und ob dies auf die Erzführung von Einflufs ist. Auch ist zu beachten, ob sich verschiedene Gänge oder Gangsysteme nach Gangmittel und Art der Erze voneinander unterscheiden. Aus dem Studium der Eruptivgesteine der Umgebungen wird sich ergeben, ob die Wahrscheinlichkeit vorliegt, dafs verschiedene derselben mit verschieden gerichteten Mineralgängen in genetischer Verbindung stehen. Bei einem System paralleler Gänge kann Staffelbruch vorliegen.

Gold findet sich vorwaltend auf Quarzgängen, welche in Formationen jeden Alters, am meisten aber in den archaischen und metamorphisch kristallinischen Schiefern auftreten. Es ist meist an Eisenkies gebunden und kommt vielfach mit Erzen

von Kupfer, Blei, Silber usw. zusammen vor. Gänge, welche wegen ihres Goldgehaltes abbauwürdig sind, treten nicht vereinzelt auf, sondern sind regionenweise angeordnet. Gelingt es, einen zu entdecken, so kann man daher die Untersuchung mit Aussicht auf Erfolg fortsetzen. Im Ausgehenden findet man das Gold in der Regel in freier Ausscheidung; in der Tiefe ist es zwar auch in gediegenem Zustand vorhanden, aber gröfstenteils an Eisenkies oder andere Erze gebunden. Hat man sichere Prüfungsmittel, z. B. ein Lötrohr, nicht zur Hand, so kann man sich behufs der Erkennung an die triviale Erfahrung halten, dafs, sobald man bei Anblick eines gelben, glänzenden Metalls im Zweifel ist, ob es Gold sei, dasselbe sicher Gold nicht ist; denn wo man dieses wirklich sieht, ist man nie im Zweifel. Doch gilt letzteres keineswegs umgekehrt. Eine rohe Prüfung des Goldgehaltes kann man vornehmen, indem man ein Stück Gangquarz mit einem Quarzkiesel auf einem gröfseren Gesteinsblock zerschlägt und zu Pulver zerreibt und dieses in einer Pfanne oder einem Hornlöffel auswäscht. Durch geschickte Manipulation kann man das Gold an einer Stelle am Boden des Gefäfses ansammeln. Das abbauwürdige Vorkommen des Goldes in alten Konglomeratbänken am Witwatersrand in Transvaal steht noch einzig da, gibt aber einen wichtigen Fingerzeig für fernere Untersuchungen. — Goldfunde können dadurch wichtig werden, dafs sie Ansiedler anlocken, welche bald zu anderen Zweigen des Erwerbes greifen. Wenn es nur noch wenige Länder gibt, deren Inneres so unerforscht ist und von einer so primitiven Bevölkerung bewohnt wird, dafs man noch die Entdeckung besonders wertvoller Oberflächenlagerstätten, welche bei leichtem Abbau grofsen Gewinn geben, als möglich erachten kann, so gilt dies nicht in gleicher Weise für das Vorkommen des Goldes auf Gängen oder in festem Gestein überhaupt.

Silbererze haben vielfach verschiedenes Vorkommen, meist in Verbindung mit anderen Erzen. Sie treten auf zahlreichen Gängen in Granit, kristallinischen Schiefern und alten Sedimentgesteinen auf. Aber die Hauptmasse des Silbers stammt von Gängen, welche in propylitisch ausgebildeten Andesiten im Gebiet der nord- und südamerikanischen Anden aufsetzen; sie sind oft sehr mächtig und enthalten vereinzelte, aufserordentlich grofse und reiche Erzkörper. Silbererzgänge in Kalkstein sind meist unregelmäfsig, indem sie mit dem reichsten Erz erfüllte Weitungen enthalten, die durch schmale Schnüre verbunden sind.

Vielfach wird Silber aus Bleierzen gewonnen, besonders wo diese auf Gängen vorkommen. Bleierzgänge sind allenthalben häufig, aber nur eine verhältnismäfsig geringe Zahl von ihnen ist abbauwürdig. An vielen Orten finden sich in Kalksteinen verschiedener Formationen Putzen und Nester von Bleiglanz, und stellenweise wachsen diese zur Ausfüllung grofser Hohlräume an; sie sind dann unregelmäfsig durch das Gestein verteilt und durch Schnüre verbunden. Gewöhnlich ist der Bleiglanz mit Zinkblende und anderen Schwefelmetallen vergesellschaftet.

Kupfer erreicht seine gröfste technische Bedeutung im Kupferkies, der gewöhnlich mit Eisenkies verbunden ist und in sehr grofsen Massen auftritt. Das Vorkommen ist demjenigen der Lagermassen des Eisenkieses ähnlich. Kupfererzgänge sind ebenfalls häufig und zuweilen sehr wichtig, stehen aber im ganzen an Bedeutung hinter jenen grofsartigen Anhäufungen zurück. Man hat sich betreffs dieses Metalls besonders vor vorschnellen Schlüssen zu hüten. Nicht selten trifft man aufserordentlich reiche Kupfererze, findet aber bei näherer, oft sehr kostspieliger Untersuchung, dafs sie in zahlreichen zerstreuten, äufserst unregelmäfsigen und nicht abbauwürdigen Gängen von geringer Mächtigkeit vorkommen. Kühne Hoffnungen und grofse Spekulationen sind durch diese Truggebilde angeregt und vernichtet worden.

Zinnerz tritt in der Regel in sogenannten Stockwerken auf. Das Gestein (gewöhnlich Granit, in Japan Sandstein, in Nord-Mexiko angeblich Trachyt) ist entlang gewisser Richtungen von kleinen Schnüren durchschwärmt, welche Zinnerz nebst anderen Mineralien führen.

Quecksilbererze (Zinnober) haben die unregelmäfsigste Verteilung. Das Gestein, in dem sie aufsetzen, ist gewöhnlich von kleineren Gängen und Gangtrumen durchzogen, zwischen denen sich hier und da eine gröfsere Anhäufung des Minerals findet. Eine ausgedehnte und anscheinend reiche Quecksilberregion durchzieht die chinesische Provinz Kwéitschóu und erstreckt sich bis nach Yünnan. Sie ist wenig bekannt. Überhaupt bietet dieser südwestliche Teil von China noch immer ein vielversprechendes Gebiet für die Forschung über Erzlagerstätten, indem er einen grofsen Reichtum an Kupfer, Zinn und Zink birgt, auch Gold, Silber und Blei dort gewonnen werden.

Die Orte, an welchen Erzbergbau, insbesondere auf Gängen, betrieben wird, sollten stets auch im Hinblick auf das Vorkommen gut kristallisierter oder seltener Mineralien untersucht

werden, da dieselben sich hier am meisten finden und in gröfster Menge an die Oberfläche gefördert werden. Doch kann man auf diesem Gebiet ohne Spezialkenntnisse nicht mit Erfolg sammeln. Wer sie besitzt, bedarf keiner Anleitung.

Unter den verschiedenen Gesichtspunkten, welche sich von geologischer Seite bieten, möge hier nur auf einen hingewiesen werden. Aus vielfachen Untersuchungen scheint es hervorzugehen, dafs diejenigen Gegenden, wo jungeruptive Gesteine zum Ausbruch gelangten, meistenteils auch in früheren Perioden der Erdgeschichte der Sitz einer Ausbruchstätigkeit gewesen sind. Nach dem eben Gesagten ist die Entstehung von Erzgängen an das Auftreten von Eruptivgesteinen gebunden. Nun gibt es Gegenden, in denen die mit dem Ausbruch der jungeruptiven Gesteine verbundenen Vorgänge anscheinend nicht vermocht haben, Erzgänge hervorzubringen, und solche Gegenden besitzen überhaupt wenige oder keine Erzgänge, indem auch die früheren mit Gesteinsausbrüchen verbunden gewesenen Ereignisse ihre Bildung nicht veranlafst haben. Dagegen gibt es andere Länder (z. B. der Innenrand der Karpathen und fast die gesamte Zone der Cordilleren von Nord- und Südamerika), wo der Vulkanismus der Tertiärzeit aufserordentlich reiche Erzgänge hervorgerufen hat. In solchen Ländern scheint in der Regel auch die Ausbruchstätigkeit früherer Zeiten mit der Entstehung bedeutender Erzlagerstätten ursächlich verknüpft gewesen zu sein. Ob dies ein allgemein geltendes Gesetz ist, mufs weitere Beobachtung entscheiden. Die Bildungszeit der einzelnen Erzgänge festzusetzen, ist die dazu notwendig zu lösende Aufgabe. Das Gesetz bezieht sich nicht in derselben Form auf solche Gegenden, wo jungeruptive Gesteine nicht auftreten.

c) **Erzlagerstätten im Schwemmland.** — Wenn die Erze durch denudierende Agentien von den Lagerstätten im festen Gestein, auf welchen sie räumlich eng begrenzt und konzentriert auftreten, hinweggenommen und den Schwemmgebilden überliefert werden, so wächst das Gebiet ihrer Verbreitung ungemein an. Sie werden in zertrümmertem Zustand, zum Teil als feinkörniger Sand, den Schichtgebilden einverleibt. Je gleichmäfsiger dies stattfindet, desto mehr schwindet die Möglichkeit ihrer technischen Ausbeutung. Allein, wie die die Verhüttung vorbereitenden Prozesse darauf beruhen, die Erze mit ihren Gangmitteln zu feinem und gleichmäfsigem Korn zu zerstampfen, um dann die ersteren von den letzteren mit Benutzung ihres höheren spezifischen Gewichtes durch verschiedene Methoden der Aufbereitung auszuscheiden, so bedingt auch in der Natur jener Unterschied des spezifischen Gewichtes eine

Aufbereitung der feinkörnig zerriebenen Massen, wenn sie den auf alle Teile mit gleicher Kraft einwirkenden bewegenden Agentien, insbesondere denen des fliefsenden Wassers, der Brandungswelle und der strömenden Luft, unterworfen werden. Dieser Vorgang der Saigerung kommt hier insoweit in Betracht, als bei der Sonderung nach spezifischem Gewicht und Korngröfse die schweren Bestandteile sich ansammeln, und die Erze zuweilen eine Konzentration erreichen, welche derjenigen in Gängen gleichkommt, oder sie selbst noch übertrifft. Dies gilt insbesondere von den schwersten Metallen und Erzen, wie dem Platin, welches seines seltenen Vorkommens wegen hier übergangen werden mag, dem Gold und dem Zinnstein. Ist auch in jedem Fall das Mafs der bewegenden Kraft verschieden, welches erforderlich war, um das Gestein fortzuschaffen, die metallischen Bestandteile aber liegen zu lassen, so sind doch im allgemeinen die in Gebirgen gelegenen alten Flufsbetten am geeignetsten gewesen, die Ansammlung der schweren Massen in sich aufzunehmen; denn da im Gebirgsbereich der Ströme die Kräfteverteilung einem häufigen Wechsel unterworfen ist, so fanden sich immer einzelne Stellen, welche für eine mehr oder weniger vollkommene Saigerung bei gewisser Korngröfse geeignet waren.

Goldführende Schwemmgebilde sind weit verbreitet. Besonders finden sie sich dort, wo Flufsbetten in kristallinisches Gebirge eingesenkt sind, und unterhalb solcher Stellen. Am vorteilhaftesten für örtliche und konzentrierte Ansammlung ist der Erosionkanal, besonders wenn er quer gegen das Streichen steilstehender kristallinischer Schiefer gerichtet ist. Die verschiedene Härte derselben bedingt zahllose Unebenheiten des Strombettes; oberhalb jedes durch eine härtere Schicht veranlafsten Riegels vollzieht sich die Auswirbelung eines kleinen Beckens im weicheren Gestein. Hier können die gröfseren Goldkörner sich beständig ansammeln und die Ansammlung sich erhalten und vergröfsern, wenn durch fortschreitende Erosion die Aushöhlung an derselben Stelle und in derselben Schicht nach stetig wachsender Tiefe verlegt wird. Diese durch Aufnahme gröfserer Goldklumpen ausgezeichneten, sogenannten „pockets“ des kalifornischen Goldgräbers finden sich anderwärts unter ähnlichen Verhältnissen, wenn auch selten von ähnlichem Reichtum, wie sie dort vorgekommen sind. Das unebene Flufsbett im Erosionkanal hält auch kleine Goldteilchen in Menge fest; doch wechseln dieselben mit fortschreitender Vertiefung des Bettes ihre Lage und werden aus den Strudellöchern bei Hochwasser herausgewirbelt. Sie gelangen in das

Gebiet, in welchem die Schotter sich ablagern, und werden mit diesem bei Hochwasser weitergetrieben. Das am feinsten verteilte Gold wird oft weit hinabgeschwemmt und sammelt sich gern in den Höhlungen konstanter Schotterbänke. Weitaus die Mehrzahl der Lagerstätten des Goldes ist so arm, dafs sie nicht ausgebeutet werden. Wo man sie bearbeitet, hat oft die Tatsache der Gewinnung von Gold zu der Vermutung geführt, dafs das betreffende Land reich an diesem Metall sein müsse. Doch wird sich der sorgfältige Reisende überzeugen, dafs der Gewinn in der grofsen Mehrzahl der Fälle geringer ist als der Tagelohn in derselben Gegend. Häufig beschäftigen sich die Eingeborenen mit Goldwaschen nur in der Jahreszeit, in welcher die Feldarbeit ihnen nicht genügenden Verdienst gewährt, und werden durch die kleine Ausbeute an edlem Metall gerade nur in den Stand gesetzt, ihr Leben zu fristen. Man sollte in solchen Fällen untersuchen, ob der Grund des geringfügigen Gewinnes in der Anwendung unvollkommener Methoden liegt. Durch Benutzung der Kraft schnell strömenden Wassers an Stelle der menschlichen Arbeit kann man gewifs häufig, auch ohne sich zu den grofsen hydraulischen Anlagen Kaliforniens zu versteigen, die Kosten verringern. Es ist daher bei der Untersuchung von goldführenden Ablagerungen darauf zu achten, ob die Einführung einer solchen Kraft möglich ist, und wenn dies der Fall ist, ob die Kosten und Schwierigkeiten im Verhältnis zu dem Reichtum der Ablagerung stehen. Wer Übung hat, kann aus der Menge des Goldes, das in je einer Pfanne von bestimmtem Inhalt aus dem von verschiedenen Stellen entnommenen Boden ausgewaschen wird, den Goldgehalt der Ablagerung mit annähernder Richtigkeit in Zahlen ausdrücken. Den Schwankungen derselben mufs dabei Rechnung getragen werden.

Zinnführendes Schwemmland kommt in einzelnen Gegenden vor. Der Zinnstein findet sich darin in runden Körnern von verschiedener Gröfse. Die Auffindung neuer Lagerstätten von Schwemmzinn, welche gewöhnlich auch zur Entdeckung des Ursprungsortes führt, wäre von bedeutendem praktischen Interesse.

Eisenführendes Schwemmland ist so weit verbreitet als das Schwemmland selbst. Doch ist das Eisenerz (Magneteisenstein, Titaneisenstein und Roteisenstein) selten so konzentriert, dafs es technisch abbauwürdig ist.

d) **Andere nutzbare Produkte des Mineralreiches.** — Aufser den Steinkohlen und den Erzen, auf welche der Blick des Reisenden sich in erster Linie richtet, wenn er mit den

geologischen Beobachtungen praktische Ziele verbindet, birgt das Mineralreich noch eine Reihe anderer Produkte, welche unter günstigen Umständen über den eigenen Bereich ihres Vorkommens hinaus nutzbar gemacht werden können. Auch wenn dies in unmittelbarer Aussicht nicht steht, sollte man sie beachten, zumal ihr Vorkommen stets auch ein wissenschaftliches Interesse bietet. Einen Anhalt geben auch hier zunächst diejenigen Mineralstoffe, welche in der Industrie des bereisten Landes und im täglichen Leben Verwendung finden; man sollte deren Fundorte und natürliches Auftreten kennen zu lernen suchen.

Edelsteine haben ihre ursprüngliche Lagerstätte im festen Gestein, sind aber darin meist sehr sporadisch zerstreut, so dafs ihre Gewinnung aus ihm schwierig und kostspielig ist. Dennoch ist sie bei einigen, wie z. B. dem edlen Opal, dessen Vorkommen man nur in Tuffen jungeruptiver Gesteine kennt, darauf beschränkt. Die meisten Edelsteine kommen aufserdem auf sekundären Lagerstätten, im Schwemmland, vor. Diejenigen, welche sich durch grofse Härte auszeichnen, leisten der Zertrümmerung und Abreibung Widerstand und können daher als gröfsere Stücke von sandigen und erdigen Sedimenten eingeschlossen werden. Wenn sie gleichzeitig höheres spezifisches Gewicht als die gewöhnlichen Bestandteile des Schwemmlandes besitzen, unterliegen sie einer Aufbereitung und sammeln sich vorwiegend an einzelnen begünstigten Stellen an. Indessen scheint die Bildung eines lediglich aus Fragmenten von Edelsteinen nebst einzelnen Erzstücken von gröfserer Härte bestehenden Sandes sich nur durch die unablässige Aufbereitung auf dem Brandungsstrand, wo auch Zertrümmerung stattfindet, zu vollziehen. Im Schwemmland der Festländer geht die Zusammenführung wohl niemals so weit. Doch enthält dasselbe in solchen Ländern, wo es überhaupt Edelsteine als Erosionsprodukte aufnehmen konnte, an manchen Stellen eine weit gröfsere Menge von ihnen als an anderen. Man gewinnt sie zum Teil durch Schlämmen, ähnlich wie Gold und Zinnstein. Dies gilt besonders von dem Diamant. Die bisher bekannten Lagerstätten der genannten Art geben den wichtigen Fingerzeig, dafs man dort, wo Edelsteine im Schwemmland überhaupt angetroffen werden, eine gröfsere Menge derselben zu finden hoffen darf. Von Interesse, wenn auch nicht immer von praktischer Wichtigkeit, ist es in allen derartigen Fällen, die Gesteine aufzusuchen, aus welchen die edlen Mineralien stammen. Bei dem Diamant hat man das Muttergestein bisher nur in Kimberley gefunden, und hier hat sich allerdings die

Gewinnung aus demselben als höchst lohnend erwiesen, da der diamantführende Blaugrund die Eigenschaft hat, bei längerem Liegen an der Luft zu zerfallen. — Es gibt einige minderwertige als Schmucksteine verwendete Mineralien, wie Nephrit und Bernstein, bei denen die Untersuchung des Vorkommens, sowie der Art der ursprünglichen Lagerstätte besonderen Wert hat.

Unter den technisch verwendbaren Mineralstoffen spielt der Graphit eine nicht unwesentliche Rolle. Er bildet mehr oder weniger mächtige schieferige Einlagerungen in Gneis, körnigem Kalkstein und Glimmerschiefer, kommt aber auch in weniger stark metamorphosierten Schichten vor. Er kann durch Umwandlung von Steinkohle entstehen; ob er immer daraus entstanden ist, ist ein Problem von gleicher theoretischer Wichtigkeit mit der Frage, ob mächtige Kalksteine nur durch Mitwirkung organischer Tätigkeit niedergeschlagen werden konnten; denn beide Fragen hängen mit der zusammen, ob in dem archaischen Zeitalter organisches Leben in massenhaften Ansammlungen existiert hat. Man begegnet Lagern von Graphit nicht selten und sollte sie stets mit Aufmerksamkeit untersuchen. Bezüglich gewinnbringender Verwertung gibt man sich leicht Täuschungen hin, da die besten Sorten einen sehr hohen Handelswert besitzen. Bei den minder guten fällt dieser schnell auf einen sehr geringen Betrag herab, und gerade die gröſseren Lagerstätten enthalten unreinen, gewerblich nicht verwendbaren Graphit.

Der Schwefel ist das technisch wichtigste Produkt der vulkanischen Tätigkeit. In Gegenden, wo diese noch fortdauert, und ebenso in solchen, wo sie erloschen ist, findet man ihn an die Zersetzungsprodukte der Solfataren gebunden. Doch sind wenige Lagerstätten bedeutend genug, um die Ausbeutung zu lohnen. Die Entdeckung neuer, ergiebiger und gut gelegener Fundstätten würde von hohem Wert sein. — Weit seltener ist das Vorkommen des Borax oder auch der freien Borsäure. Das Ausströmen der letzteren in Toscana und das auſserordentlich bedeutende Auftreten des Borax in dem von alten Vulkanen überragten Clear Lake Kaliforniens und in dem Boden der Umgebung desselben machen es wahrscheinlich, daſs die massenhafte Produktion dieser Substanzen auf Vorgängen im Magma vulkanischer Herde beruht. Da Tibet als das Land angegeben wird, von welchem bis in neuere Zeit die überwiegende Menge des in den Handel kommenden Borax stammte, würde es von Interesse sein, die dortigen Lagerstätten, welche sich ebenfalls in Seen und salzigen Incrustationen befinden sollen, kennen zu lernen.

Man sollte überall zu erkunden suchen, woher die Eingeborenen das Steinsalz beziehen. Es wird zum Teil aus dem Meerwasser, zum Teil aus Krusten im Boden ausgetrockneter Salzseen, zum Teil aus Salzsoole, die dem Boden in Gestalt von Quellen entströmt oder durch Bohrlöcher erreicht wird, zum Teil aus festen Steinsalzkörpern gewonnen. Die Bewohner kennen in der Regel fast jedes zu müheloser Ausbeutung geeignete Vorkommen. Dem Reisenden bleibt die Aufgabe weiterer Erforschung. In den meisten Fällen aber kann diese nur durch kostspielige Arbeit geschehen. Dies gilt in noch höherem Mafs von den Abraumsalzen. — Bezüglich sonstiger löslicher Salze möge des Natronsalpeters gedacht werden, dessen Hauptfundstätten die trockenen Westgehänge der Anden von Chile und Peru sind. Seine Herstammung ist Gegenstand mancher Spekulationen gewesen. Man hat aus den in dem eisernen Hut der Silbererzgänge derselben Gegenden vorkommenden Chlor- und Jod-Verbindungen, im Verein mit dem Auftreten von Salzen, unter denen das genannte die erste Stelle einnimmt, den Schlufs gezogen, dafs dieselben einer nicht weit zurückliegenden Meeresbedeckung entstammen und dann eine noch nicht aufgeklärte Umwandlung erfahren haben. — In denselben Gegenden hat auf Klippen im Meer und an der Küste der Guano eine Rolle gespielt, da er sich in dem trockenen Klima durch lange Perioden ansammeln und erhalten konnte. Wo die Seevögel ähnliche Existenzbedingungen finden, die Trockenheit aber zuweilen durch etwas Regen unterbrochen wird, dürfte die Auslaugung des Guano zur Bildung phosphorsaurer und salpetersaurer Verbindungen Anlafs geben. Der ebenfalls technisch wichtige phosphorsaure Kalk dürfte wenigstens in einzelnen Fällen derartigen Vorgängen seine Entstehung verdanken. Günstige Bedingungen zur Bildung von Phosphorit sind in den nicht seltenen Fällen vorhanden, wo der locker zementierte Zertrümmerungssand der Korallenriffe von Seevögeln viel besucht wird und sich unter einem Klima mit jahreszeitlichem Wechsel von Trockenheit und Regen befindet. Gehobene Korallenriffe sollten daher, falls diese Bedingungen vorhanden sind, auf das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk untersucht werden.

Unter den Zersetzungsrückständen der Gesteine haben die Töpfertone und die Porzellanerde technische Bedeutung. Bei den ersteren ist sie meist örtlich beschränkt, während die letztere einer Industrie von allgemeinerem Interesse dient. Die Porzellanerde kann aus verschiedenen feldspathaltigen Gesteinen durch Zersetzung mittelst der aus der Atmosphäre zugeführten

Agentien entstehen, insbesondere aus Granit und Porphyr. Kräftige Einwirkung vulkanischer Ausströmungen vermag sie auch aus anderen tonigen Gesteinen zu schaffen. Meist bildet die Porzellanerde einen Bestandteil zersetzter Gesteinmassen und mufs durch Schlemmen daraus gewonnen werden. Alle zur feineren Töpferei und zur Porzellanfabrikation, insbesondere auch zur Herstellung der Glasur verwendeten Materalien sollten nach Beschaffenheit, Art der Lagerstätten und, wo möglich, Entstehungsart untersucht und gleichzeitig gesammelt werden. Ein anderes Zersetzungsprodukt feldspathaltiger Gesteine, welches in neuester Zeit grofse Wichtigkeit für die Herstellung des Aluminiums und anderer technischer Zwecke gewonnen hat, ist der Bauxit. Er kommt in einzelnen Gegenden in grofser Menge vor und scheint durch Fortführung der Kieselsäure und anderer Stoffe bei der Zersetzung entstanden zu sein. Er bleibt als ein von Eisenoxyd gefärbtes wasserhaltiges Tonerdehydroxyd zurück. Von Interesse ist sein Verhältnis zu den ihm jedenfalls verwandten Lateriten.

Es sei hier endlich der flüssigen Kohlenwasserstoffe gedacht, welche in der Gegenwart eine so grofse Rolle im Welthandel und im Haushalt der Menschen spielen. Das Petroleum oder Erdöl findet sich als Imprägnation von Schieferton, Sandstein, Mergeln und Kalkstein. Zuweilen ist es an der Oberfläche kaum wahrnehmbar, nimmt aber gegen das Innere und die Tiefen hin an Menge zu. Aufserdem begegnet man ihm auf sekundärer Lagerstätte, indem es dem Gestein langsam entströmt und eine schwärzliche Schicht auf dem Wasser von Quellen und Tümpeln bildet. Schöpft man sie ab, so wird sie bald wieder ersetzt. Ebenso kommt das Erdöl in dem Schlamm und dem Wasser der Schlammvulkane vor. In jedem derartigen Fall darf man annehmen, dafs an dem Herstammungsort, d. h. in gewissen Gesteinen, insbesondere gegen die Erdtiefen hin, gröfsere Massen vorhanden sind. Wiederholen sich die Anzeichen an der Erdoberfläche an vielen Stellen, und strömt brennbares Gas aus, so darf jener Schlufs mit erhöhter Sicherheit gezogen werden. Aber die Möglichkeit gewinnbringender technischer Ausnutzung läfst sich allein durch Bohrversuche entscheiden; die sorgfältigste Oberflächenerforschung an den der Beobachtung zugänglichen Stellen ist immer nur vorbereitende Arbeit. Wichtig sind die negativen Merkmale, deren Beachtung vor der Ausführung kostspieliger Versuche schützen kann. Eruptivgesteine, archaische und metamorphische Gesteine, auch Tonschiefer und Quarzite können von vornherein als unproduktiv in dieser Hinsicht bezeichnet werden. Auch

darf man aus hydrostatischen Gründen ein besonderes Vorkommen von Erdöl in den über die Talsohle aufragenden Teilen der Gebirge nicht erwarten. Der Ursprung dieser Kohlenwasserstoffe ist dunkel; an Stelle ihrer Herleitung aus der Zersetzung organischer Reste gewinnt die Theorie ihrer Herstammung aus Gasen, welche als Begleiterscheinung besonderer tektonischer Vorgänge dem glutflüssigen Erdinnern entströmen, an Boden. Auch wird angenommen, dafs sie sich an den Stellen, von denen man sie jetzt gewinnt, vermöge ihrer Leichtflüssigkeit angesammelt haben.

Es würde zu weit führen, alle nutzbaren Stoffe des Mineralreiches hier einzeln zu behandeln. Der Begriff ist, wie bemerkt, kein absoluter. Vieles, wie z. B. die zum Bauen und zur Ornamentik verwendeten Gesteine, dient in den Ländern, um die es sich hier handelt, in der Regel nur den Zwecken eines Ortes oder einer engbegrenzten Gegend. Manches auf ein kleines Gebiet beschränkte Gewerbe, wie die Glasindustrie, die Steinschleiferei, die Herstellung von Gegenständen aus Marmor, Alabaster, Serpentin, Speckstein, Bergkristall und anderen Mineralien, gründet sich auf das örtliche Vorkommen eines Minerals oder einer besonders brauchbaren Abart eines Gesteins. Was in vorhergehenden Abschnitten wiederholt hervorgehoben wurde, gilt auch hier: keine Erscheinung darf dem Forschungsreisenden zu geringfügig sein; auf jede mufs er sein Auge richten; der geübte und geschärfte Blick vermag oft in dem Kleinen das Fundament zu finden, um Gröfseres richtig zu beurteilen und durch oft wiederholte sorgfältige Kombination weittragende Schlufsfolgerungen zu ziehen.

II. Beobachtungen über die Wirkungen umgestaltender Vorgänge.

1. Äufserliche Veränderungen.

Verwitterung, Bildung des Eluvialbodens. — Alle Gesteine, die festesten wie die lockersten, unterliegen, wo sie den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, einer Veränderung, welche sich mehr oder weniger weit in das Innere erstreckt und, wiewohl langsam vor sich gehend, doch durch ihr andauerndes Wirken grofse Umgestaltungen hervorbringt und noch weit gröfsere vorbereitet. Es kommen dabei chemische und mechanische Vorgänge in Betracht, welche, unter manchen Bedingungen getrennt, unter anderen vereinigt, den Eluvialboden schaffen. Bei beiden haben Temperatur, atmosphärische Feuchtig-

keit und Regenwasser den wesentlichsten Anteil. Letzteres erreicht, mit Bestandteilen der Luft, insbesondere Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, zuweilen auch etwas Salpetersäure, beladen, den Boden. Ist dieser bewachsen, so nimmt es organische Zersetzungsprodukte, vor allem Humussäure, auf, und oft kann es sogleich mineralische Salze, wenn auch in noch so geringer Menge, lösen. So dringt es in die Gesteine ein und vermittelt ihre Zersetzung. Die hierbei stattfindenden hydrochemischen Prozesse, welche in Reduktion und Oxydation, Auflösung und Wiederabsatz von Bestandteilen, Eintreten des Wassers in die chemische Zusammensetzung von Mineralien, Bildung von Carbonaten, metasomatischen Einwirkungen, und überhaupt in der Umsetzung chemischer Verbindungen bestehen, genauer zu verfolgen, ist nicht die Aufgabe des Reisenden, wiewohl er sich mit den Gesetzen, welche bei so allgemeinen und täglich unter seine Augen kommenden Vorgängen herrschen, bekannt machen sollte. Nur ihre sichtbaren Äufserungen fallen seiner Beobachtung zu. Sie werden durch höhere Temperatur wesentlich befördert, nehmen daher (bei relativ gleicher Befeuchtung) vom Äquator gegen die Pole und bei dem Anstieg auf Gebirgshöhen ab. Ein wichtiger Faktor ist die Vegetation, teils direkt, durch Mitwirkung bei der Zerstörung und Zersetzung des Gesteins, teils indirekt, durch Festhalten der Feuchtigkeit.

Fast alle Gesteine erhalten durch atmosphärische Einflüsse eine Verwitterungsrinde. Zuweilen ist sie eine dünne, scharf abgesetzte Kruste, zuweilen ist diese dicker und geht allmählich in das frische Gestein über; in anderen Fällen zeigt sich eine schalige Auflockerung, wobei die äufserste Schale am stärksten, jede nachfolgende weniger stark verwittert ist. Diese Erscheinungen finden sich besonders bei festen feldspathaltigen Gesteinen, also bei kristallinischen Schiefern und fast sämtlichen Eruptivgesteinen. Da sie stets von Klüften durchsetzt sind und das Wasser in diese eindringt, so findet die gleiche oder eine sehr ähnliche Art der Zersetzung wie an der Oberfläche auch an den Kluftwänden statt. Wo mehrere Systeme von Kluftflächen einander so durchsetzen, dafs dadurch eine zunächst latent bleibende Zerteilung des Gesteins in kubische oder polyëdrische Blöcke besteht und wo zugleich die Verwitterung in Schalen fortschreitet, liegen unzersetzte Kerne in dem durch die Zersetzung entstehenden Grus und Ton. Wenn dann die Rieselwässer die weiche Substanz fortspülen, bleiben jene als gerundete Blöcke übrig, wie oben (S. 294) für den Granit angegeben wurde. — In anderen Fällen, z. B. bei kristallinischen

Schiefern, wo sie nicht Gebirgsfirsten, sondern flachwelliges Land zusammensetzen, greift in wärmeren Gegenden die Verwitterung viele Dekameter tief ein. Das Gestein wird aufgelockert, einige Bestandteile werden ausgelaugt, Struktur und Ansehen verändert, und es entsteht ein weicher Boden, welcher zuweilen ausschliefslich die Oberfläche einer Landstrecke bildet und auf den Charakter der Vegetation und die Art der Landwirtschaft von gröfstem Einflufs ist. Auch kommt es häufig vor, dafs basische Eruptivgesteine in einzelnen Gängen stärker verwittern als das umgebende Gestein und dann durch Denudation Furchen an ihre Stelle treten.

Von den früher (S. 249) erwähnten zwei grofsen Klassen, des Eluvialbodens und des Aufschüttungsbodens, kommt hier nur der Eluvialboden, und zwar zunächst insoweit seine Bildung vorwaltend auf chemischer Zersetzung beruht, in Betracht. Er gibt, wenn er das frische Gestein auch noch so sehr verhüllt, doch meist dem aufmerksamen Beobachter zu erkennen, woraus das letztere besteht. Grus und Grand der verschiedensten Arten, Töpferton, Porzellanton usw. finden sich häufig auf solchen ursprünglichen Lagerstätten; man sollte, wo möglich, bestimmen, woraus sie entstanden sind. Bei Erzgängen bringt die Verwitterung der der Oberfläche zunächst gelegenen Teile den rostig gefärbten sogenannten eisernen Hut hervor. Aufmerksamkeit ist auch dem meist intensiv rot oder rotbraun gefärbten erdigen Rückstand des durch Lösung fortgeführten Kalksteins zu widmen.

Wärme, Feuchtigkeit und Vegetation beeinflussen nicht nur die Intensität der Bildung des Eluvialbodens, sondern bedingen auch die Entstehung qualitativ verschiedener Arten desselben. Mit den regionalen Schwankungen der erstgenannten Faktoren sind daher regionale Unterschiede des Verwitterungsbodens verknüpft, deren Betrachtung viel Interesse bietet, deren Ursachen aber noch wenig erforscht sind. Der Mitwirkung von Bakterien, besonders solcher, welche aus eisenhaltigen Lösungen unlösliche Eisenverbindungen schaffen, kommt besonders in feuchtwarmen Ländern eine wichtige Rolle zu. Dem sorgfältig beobachtenden Reisenden bietet sich beständig Gelegenheit zu Untersuchungen, welche zur Aufhellung dieser Frage beitragen können. Es genüge hier, auf zwei dieser regional verbreiteten Bodenarten hinzuweisen.

Die eine derselben ist der rostbraune Gehängelehm. Er ist für die gemäfsigten Zonen charakterisch und tritt besonders dort auf, wo Wald auf anstehendem Gestein wächst. Er bildet sich in erster Linie aus feldspathaltigen Gesteinen, ist

mit Bestandteilen derselben mechanisch vermengt, schwankt in der Beschaffenheit nach den Arten der ersteren und wird durch die Rieselwasser ein wenig umgelagert und stellenweise zusammengehäuft.

Eine analoge Stellung nimmt innerhalb der tropischen Gebiete in weit gröſserer räumlicher Ausdehnung der Laterit ein. Er hat seinen Namen von der ihm eigentümlichen Farbe rotgebrannter Ziegelsteine (later) erhalten, zuerst in Ostindien, wo er den Erdboden in weiten Strecken bildet. Der Reisende, welcher Ceylon berührt, hat in dem intensiv roten feinen Staub der Landstraſsen Gelegenheit, seine unangenehme Bekanntschaft zu machen. Ebenso ist der Laterit über Hinderindien, Indonesien und Birma ausgebreitet und bildet den Boden groſser Landstriche in Brasilien und den feuchten Teilen des tropischen Afrika. Seine Entstehung beruht auf tiefgreifenden Zersetzungsvorgängen; die mannigfaltigsten Gesteine sind in Laterit verwandelt worden, besonders, wie es scheint, wenn sie durch lange Perioden mit feuchten Wäldern bestanden gewesen sind. Seine Struktur und seine zufälligen Bestandteile ändern sich daher auch je nach dem Gestein, auf dem er lagert und aus dem er entstanden ist. Doch erkennt man ihn, abgesehen von der Farbe, stets leicht an dem ihm eigentümlichen schwammartig-zelligen Gefüge, welches aus einem festeren Maschenwerk mit rundlichen Ausfüllungen von toniger Substanz besteht. Er geht nach der Tiefe in Gneis, Granit, verschiedene kristallinische Schiefer und andere Gesteine über, je nachdem er auf dem einen oder anderen von ihnen lagert, indem sich Zwischenstufen von dem unzersetzten Gestein bis in den vollkommensten zelligen Laterit zu erkennen geben. Da er ein Produkt der Tropen ist, darf man dort, wo, wie im mittleren und südlichen China, Laterit von nichtlateritischen Zersetzungsprodukten und Anschwemmungen der Neuzeit bedeckt wird, auf klimatische Änderungen schlieſsen.

Zusammengeschwemmte Bestandteile des eluvialen roten Bodens ergeben wieder Laterit. Dagegen scheint er sich aus anderem Schwemmboden, z. B. im Deltaland der Ströme, nicht zu bilden. — Eine eigentümliche Umwandlung zeigt der Laterit durch die Bekleidung seiner Anschnitte (z. B. in Gräben) mit schlackenartiger glänzender Rinde. Diese Eigenschaft dürfte, zugleich mit der Porosität, die Sterilität des Laterites an solchen Stellen, wo das Wasser tiefe Kanäle durch ihn hindurch in das unterlagernde Gestein geschnitten hat, veranlassen. Die Baumvegetation verschwindet dann wegen des Wassermangels; niederer Pflanzenwuchs tritt an ihre Stelle. Die

Bedingungen der Lateritbildung sind überall noch eingehend zu untersuchen; ebenso in der Natur, wo es sich um die Art der Einwirkung von Vegetation und Feuchtigkeit, um das Vorkommen an den verschiedenen Hängen eines Gebirges und in dessen einzelnen Höhenstufen, um den regionalen Wechsel in dem Grade der Eisenanreicherung und anderes handelt, wie im Laboratorium, wo, abgesehen von den Oxydationsstufen des Eisens, besonders der Mitwirkung der Bakterien bei seiner Bildung Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Ist der Laterit (wie ich aus eigenen Beobachtungen zu schliefsen geneigt bin) ein Waldprodukt? Zieht Eingraben tiefer Erosionsrinnen das Verschwinden des Waldes, die Verschlackung und Verödung der Oberfläche nach sich? Verdanken die zum Teil äufserst eisenreichen Lateritböden afrikanischer Steppen ihre Entstehung vormaliger Waldbedeckung in regenreicherer Zeit? Ist Waldvernichtung durch Menschenhand mit Verschlackung des Laterits und Umwandlung zu waldfeindlichem Steppenboden verbunden?

Zwei andere Probleme hängen hiermit zusammen. Verdankt der rote Passatstaub dem Laterit der Tropen seinen Ursprung, wie der gelbe Staub, den der von Zentralasien kommende Wind führt, dem Löfs? Das zweite betrifft die Ablagerungen von abgeschwemmter Lateritmasse in Seen und am Meeresboden. Bilden dieselben rote tonige und tonigsandige Schichten? Dies würde vielleicht auf die noch unklare Entstehungsweise mächtiger roter Sandsteine Licht werfen, welche in älteren Formationen, anscheinend als Sedimente ausgedehnter festländischer Wasserbedeckungen, so häufig auftreten und wenigstens zum Teil auf vorangegangene Perioden üppiger tropischer Vegetation hinweisen dürften.

Gesteinszertrümmerung; Bildung von eluvialem Schutt. — Unter den irrigen Anschauungen, denen man betreffs genetischer Vorgänge in laienhaften Reisebeschreibungen besonders häufig begegnet, befindet sich die Schlufsfolgerung, dafs grofse Anhäufungen von Gesteinstrümmern, die zuweilen der Landschaft ein wildes, chaotisches Gepräge verleihen, durch gewaltige, plötzliche Ereignisse („Konvulsionen der Natur") hervorgebracht sein müssen. Sieht man von den Auswürflingen der Vulkane und von Bergstürzen ab, so beruhen die Anhäufungen von Blöcken und Schutt in erster Linie auf langsam aber stetig wirkenden Vorgängen. Am meisten gilt dies von der ebenerwähnten Herauslösung fester Felsblöcke durch die entlang den Gesteinsklüften fortschreitende Verwitterung. In hohen Breiten und auf Bergeshöhen, wo in

gewissen Zeiten des Jahres Gefrieren und Auftauen häufig miteinander wechseln, übt der Spaltenfrost eine so gewaltig zertrümmernde Kraft aus, dafs das Mafs der Zerstörung das auf der intensivsten chemischen Zersetzung in den Tropen beruhende übersteigen kann. Das Wasser dringt in die feinsten Klüfte und übt durch die beim Gefrieren eintretende Volumenvergröfserung eine unwiderstehlich auseinandertreibende Kraft aus. Es entstehen dadurch Schutthalden an den Gehängen und Trümmermeere an den Stellen, wo das gelockerte Gestein nicht fortgeführt werden kann. Dieser ebenfalls als eluvial zu bezeichnende Schutt zeigt, im Gegensatz zu dem durch Wasser transportierten, keine oder geringe Abnutzung der Kanten; seine Bildung ist besonders intensiv, wo die herabgestürzten Massen durch Gletscher oder Wildbäche fortgetragen und dadurch stets neue Teile des festen Gesteins der Auflockerung preisgegeben werden. Eine analoge Wirkung übt die Insolation in der Felswüste aus. Am deutlichsten äufsert sie sich in dem Zersprengen des Gesteins durch Auslösung der ungleichen Spannungsverhältnisse, welche infolge der Erhitzung am Tage und der Abkühlung in sternenheller Nacht eintreten. Die Bedeckung der Felsplatten mit eluvialem Schutt von dieser Art bedingt das Wesen der als Hammada bekannten Wüstenform. Weniger sinnfällig, aber um so intensiver und ausgedehnter, ist, nach Joh. Walthers Forschungen, die zerstörende Einwirkung auf Granite und andere gemengte Gesteine, deren verschiedengefärbte Mineralien erhebliche Unterschiede in Wärmekapazität und Ausdehnungsfähigkeit darbieten. Sie zerfallen in Grus und werden eine Hauptquelle für Wüstensand und Wüstenstaub. Diese Insolationswirkungen, verbunden mit derjenigen gelegentlicher Anfeuchtung, bieten dem Reisenden, wie auch Futterer in Zentralasien gezeigt hat, ein weites Feld fruchtbringender Beobachtung. — Zertrümmerung der gewaltigsten Art, aber in jedem einzelnen Fall auf einen engen Bereich beschränkt, bringen die Bergstürze an den Gehängen der Gebirgstäler und Steilküsten mit sich. Sie können durch Unterwaschung verursacht werden, haben aber häufig ihren Anlafs in Vorgängen der Verwitterung, wobei das Herabgleiten in der Regel durch die Verhältnisse der Lagerung unterstützt wird. Durch den Sturz findet eine Zertrümmerung in eckige Blöcke statt.

Von diesen Ursprungsstätten der Bildung von Gesteinsblöcken, grobem Schutt und feinem Grus kann das Material durch die Kraft des fliefsenden Wassers und des Eises nach anderen Gegenden hingetragen werden. Der Reisende wird

in jedem einzelnen Fall zu untersuchen haben, welche Kräfte wirksam gewesen sind.

2. Unterirdische Zirkulation des Wassers. — Grundwasser, Quellen, Höhlenbildung.

Das Regenwasser, soweit es nicht durch Verdunstung oder vegetative Funktionen in die Atmosphäre zurückkehrt, nimmt teils einen unterirdischen und teils einen oberirdischen Lauf. In ersterem Fall kommt der bei weitem überwiegende Teil in Gestalt von Quellen wieder zur Oberfläche. Bei diesen sind zu beobachten: die Wassermenge und Kraft des Hervorkommens; die Häufigkeit mit Bezug auf ein gegebenes Areal der Bodenfläche oder eine Linie von gewisser Ausdehnung; die Temperatur; der Gehalt an Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff; das Entstehen von Absätzen von Kalktuff, Eisenocker oder Kieselerde; das Gestein, dem die Quelle entspringt; dessen Wasserdurchlässigkeit im Vergleich zu benachbarten Gesteinen; das etwaige Vorhandensein von Kluftflächen und anderen natürlichen Auslafspforten. Im Flachland sollte man nicht unterlassen, die Tiefe der Brunnen zu untersuchen, ihre Temperatur zu bestimmen und ganz allgemein anzugeben, ob die Brunnen einer gewissen Gegend oder diejenigen von einer gewissen Tiefe sich entweder durch ähnliche Temperatur, Härte oder Weichheit des Wassers, einen alkalischen oder salzigen Geschmack auszeichnen, und ob diejenigen verschiedener Tiefen voneinander verschieden sind. Fragen von theoretischem und praktischem Interesse knüpfen sich an den Stand des Grundwassers, die Gestalt seiner Oberfläche, die Richtung und Art seiner Fortbewegung.

Aufmerksamkeit ist dem Vorkommen von Salzsoole zu schenken. Kommt sie in Quellen hervor, oder wird sie in Brunnen erbohrt? In welcher Tiefe erreicht man sie durch diese? In welchem Gestein setzen die Bohrlöcher an, und wie ist dessen Liegendes nach sonstigen Aufschlüssen beschaffen? Wie lagert die ganze Formation, in welcher die Soole vorkommt? Füllt sie ein Becken aus? Sind es sandige und tonige Schichten? Kommt Gips vor und in welcher Weise? Lassen die Verhältnisse darauf schliefsen, dafs das Salz aus einem abgeschlossenen Meerwasserbecken niedergeschlagen wurde? Ist das gewonnene Salz rein?

Höhlenbildung durch Auslaugung ist eine der Wirkungen des unterirdisch fliefsenden Wassers. Sie findet am meisten in solchen Gesteinen statt, welche zugleich leicht

löslich und von grofser Festigkeit sind, wie vor allem Kalkstein. Gips ist gewöhnlich an tonige Gesteine gebunden, welche durch dessen Auslaugung in sich selbst zusammensinken. Sobald sich das Wasser unterirdische Wege durch Auflösung gebahnt hat, vergröfsert es dieselben durch Erosion; es entstehen Einstürze, welche kesselförmige Vertiefungen auf der Oberfläche verursachen. Ist das Mafs der Auslaugung und der dadurch verursachten Wirkungen auf die Gestalt der Oberfläche in tropischen Gegenden gröfser als in kälteren Klimaten? Man könnte dies aus dem Umstand schliefsen, dafs dort die Quellabsätze weit bedeutender sind.

Wichtige Fragen knüpfen sich an die Bestimmung der Art und Menge der Bestandteile, welche einem Gebirge oder Gebirgsland durch die Gesamtheit der abrinnenden Gewässer in Lösung entführt wird. Es würde verdienstlich sein, in gewissen Gegenden aus jedem Flufs, dessen Stromgebiet sich rücksichtlich des Areals bestimmen läfst, Proben des Wassers, womöglich in verschiedenen Jahreszeiten, zu entnehmen und in gutverschlossenen Flaschen zum Zweck chemischer Untersuchung aufzubewahren.

3. Fliefsende und stehende Gewässer des Festlandes.

Die Niederlegung der Stromläufe und Seen auf Karten gehört in wenig erforschten Ländern zu den wichtigsten Arbeiten des Reisenden. Die bedeutenderen Ströme sind jetzt überall schon im allgemeinen bekannt; doch besteht vielfach noch die Aufgabe, das Netz der Verzweigungen gegen die Quellgebiete hin festzulegen. Man sollte dabei das Verhältnis der Flufskanäle und Seebecken zum oroplastischen und inneren geologischen Bau, sowie zu den bestehenden klimatischen Verhältnissen, im Auge behalten. Es ergibt sich dann unmittelbar als eine weitere Aufgabe, die Geschichte der Ströme und der mit Wasser erfüllten Becken, der Stromverlegungen und der Wasserscheiden, in weiterer Folge die Arbeit des fliefsenden Wassers im allgemeinen zu erforschen. Betreffs der theoretischen Studien über die Abhängigkeit des Betrages und der Art dieser Arbeit von der Wassermasse, besonders zur Zeit des Hochwassers, vom Gefäll, von der Masse der zum Transport sich darbietenden Sedimente, von der Vegetation und anderen Umständen mag hier auf die Ausführungen in Lehrbüchern verwiesen werden. Der Reisende wird vielfach

Gelegenheit finden, die Äufserungsart dieser allgemeinen Gesetze zu beobachten und dadurch ein Verständnis für viele sich ihm darbietende Erscheinungen zu gewinnen.

Von Interesse für jeden einzelnen Erdraum sind die Beziehungen der Arbeit der Gewässer zu der Lage der Rinnen, in denen sie fliefsen, welche nicht immer dem Begriff von Tälern entsprechen. Es ist bereits (S. 264 ff.) ausgeführt worden, wie die Taltröge zum Teil mit der Tektonik des Gebirgsbaues als Begleiterscheinungen von Faltung, Überschiebung oder Verwerfung unmittelbar genetisch verbunden sind, zum Teil jedoch gar keine Beziehung dazu haben, sondern der Erosion allein ihre Entstehung verdanken. In diesem Fall können sie epigenetisch, d. h. durch transgredierend auflagernde, später gänzlich entfernte Sedimente hindurch in den Unterbau eingeschnitten, sein; oder ihre erste Anlage fällt mit den ersten Stadien der Erhebung einer Bodenscholle über das Meer zusammen, und gleich ihr wurde auch die bei erweiterter Trockenlegung fortgesetzte Verlängerung der Abflufsrinnen durch das Gefäll allein bestimmt; oder sie beruht in später auf dem Festland eingetretenen Bewegungen, z. B. einer Aufwölbung (S. 244), oder der keilförmigen Aufrichtung eines Blockes einer Rumpfscholle (S. 262). In diesen Fällen entstehen in erster Linie meist quergerichtete Abdachungsflüsse. Die Art, wie sie Talrinnen eingraben, hängt ab: von der Höhendifferenz zwischen Erosionsbasis und Ursprung, im Verhältnis zu deren horizontalem Abstand, also von Gefäll und Stromlänge; von der Wassermasse und ihrer periodischen Verteilung; von dem Anwachsen der Wassermasse bei dem stufenweisen Einmünden seitlicher Zuflüsse; von der Art, dem Wechsel und der Lagerung der Gesteine, welche dem Einschneiden Widerstand bieten; von den klimatischen Zuständen (besonders Niederschläge und Temperatur) im Stromgebiet und den davon abhängigen Verhältnissen der Vegetationsbedeckung. Durch alles dies wird der Grad des rückwärtigen Einschneidens, der zurzeit bestehende Grad der Vollkommenheit in der Herstellung der von dem Strom angestrebten normalen Gefällskurve und die Ausgestaltung der Querprofile in allen Lagen bestimmt. An jeder Stelle und in jedem Stadium bildet der Flufs die Erosionsbasis für die von den Seiten ihm zuströmenden Gewässer. In härterem Gestein bleiben diese in der erodierenden Arbeit zurück; in weicherem sind sie erfolgreicher und graben längsgerichtete Zuströmungsfurchen ein. Diese Furchen zweiter Ordnung können grofse Ausdehnung erreichen: jede von ihnen erhält ihrerseits Zuflufs von ihren beiden Gehängen, und da-

durch graben sich an diesen quergerichtete Furchen einer dritten Ordnung ein.

Neben diesen Grundzügen sind als einige Hauptmomente bei der Betrachtung der Anlage der Flufsläufe festzuhalten: das Streben nach Beständigkeit der Wasserscheiden, welches darin beruht, dafs an ihnen das Wasser entweder verschwindend kleine, oder doch weit geringere erodierende Kraft hat, als im weiteren Gebirgslauf; das Streben der Gewässer, in den eingeschnittenen Rinnen zu verharren und sie tiefer zu graben; andererseits das Erwachsen von Hindernissen, welche sie zwingen können, diese Rinnen zu verlassen und andere Bahnen einzuschlagen. Bei dem Tieferlegen kann es geschehen, dafs eine Rinne streckenweise in Gesteine von grofser Härte eingeschnitten wird; werden dann später die weicheren Felsarten, in denen die nächst höhere und nächst tiefere Strecke liegen, durch Denudation zu sanftgeformtem, hügeligem Land erniedrigt, in welchem der Flufs sich durch seitliche Arbeit Weitungen auswäscht, so erscheint es oft als eine Anomalie, dafs er einen Teil seines Weges durch einen aufragenden Block von hartem Gestein nimmt, den er anscheinend mit viel geringerem Aufwand von Arbeit hätte umgehen können. Andere Anomalien entstehen dadurch, dafs Ströme auf grofse Erstreckung gegen die Schichtenneigung fliefsen, oder dafs sie Schichtenwölbungen, langgezogene Gebirgskämme und ganze Gebirge quer durchbrechen. Tektonische Querverschiebungen sind als Ursache in einzelnen Fällen nicht ausgeschlossen. Andere Ursachen können sein: die rückschreitende Erosion, indem von der Regenseite eines Gebirges aus die Wasserläufe sich rückwärts durch dessen Kamm bis in dahintergelegene Hohlformen einschnitten und deren Gewässer in sich aufnahmen; ferner das siegreiche Bestreben eines Flusses, sein Bett durch Erosion zu vertiefen und innezuhalten, wenn quer gegen seinen Lauf ein Hindernis, z. B. eine Schichtenwölbung, langsam aufstieg. Der Reisende sollte es sich angelegen sein lassen, die Untersuchung von Fall zu Fall mit Sorgfalt auszuführen, den Tatbestand genau festzustellen und die möglichen Ursachen gegeneinander abzuwägen.

Ähnliches gilt von den Seebecken; sie sind wassererfüllte Hohlformen, welche entweder gar keinen oder einen höher als die Sohle gelegenen Abflufs haben. Aufzeichnung der Umrifsformen, Ausmessung der Tiefen, Untersuchung der Temperatur und Beschaffenheit des Wassers in verschiedenen Tiefen, sowie des Charakters der Fauna und Flora und der Gestalt der Ufer bilden den einfacheren Teil der methodisch

noch fortschreitenden limnologischen Forschung. Aufserdem sind zu untersuchen: das Netz der wasserzuführenden Flüsse; die Form des Abzugskanals, wo einer vorhanden ist; der äufsere und innere Bau der Umgebung, um zu Schlüssen über die Entstehung des Seebeckens gelangen zu können. Je nach den zugrunde liegenden Ursachen lassen sich die folgenden Kategorien von Seebecken unterscheiden, die wir direkt auf die Seen selbst übertragen:

1. Eingetiefte Seebecken. Hierher gehören: *a*) die Endseen der umschlossenen Landsenken, d. h. die Salzseen, in welchen die Flüsse der grofsen abflufslosen Senken der Zentralgebiete ihr Ende finden (Tsad, Ngami, Lob, Kukunor, Tibetische Seen, Urmia, Wan); *b*) die Einbruchsseen, d. h. in tektonischen Einbrüchen gelegenen Seen. Anlafs dazu geben Grabensenkungen (Totes Meer, Tanganyika und andere Seen der afrikanischen Gräben), Staffelsenkungen (Salzsee von Utah), kesselförmige Senkungen, wie die Krater oder die Zirkusbecken der Vulkane (Tal), Zusammenbruch und Einsturz, wie in Kalksteingebirgen, oder dort wo Steinsalz und Gips ausgelaugt worden sind. Eine äufserlich verwandte Erscheinung sind die Explosionsbecken (wahrscheinlich die Mehrzahl der kleineren Maare) in vulkanischen Gegenden. — 2. Tektonische Staubecken. So kann man seeartige Stromerweiterungen bezeichnen, welche durch widersinnige tektonische Bewegungen entstehen und sich in der Stauung einer Stromstrecke zu einem See kennzeichnen. Dies kann geschehen, wenn die Scholle, auf welcher der Strom fliefst, ungleiche vertikale Verschiebung erleidet, indem der stromabwärts gelegene Teil aufsteigt oder der stromaufwärts gelegene sich senkt; oder wenn quer zum Strom entweder ein Bruchblock oder eine gewölbartige Biegung aufsteigt. Vermag der Strom solches Hindernis nicht im Entstehen zu überwinden, so kann ihm dies nach Ausfüllung des Sees mit Sedimenten durch rückwärtiges Einschneiden gelingen. — 3. Abdämmungsbecken. Sie bilden sich meist in schmalen, steilwandigen Tälern, indem dem Flufs ein Damm in den Weg gelegt wird, und bezeichnen vorübergehende Episoden, da der Damm, meist erst nach Ausfüllung des Beckens mit Ablagerungen, vom Flufs durchschnitten wird. Die Abdämmung kann geschehen: durch einen Bergsturz; durch das Vorschieben des Schuttkegels eines Flusses an der Stelle der Vereinigung mit einem anderen; durch analoges Vorschieben einer Gletscherzunge oder eines Lavastromes quer gegen einen Talbach; durch das Aufwerfen einer dammartigen Endmoräne und den darauffolgenden Rückzug des Gletschers; durch Stauung der Zuflüsse eines Stromes, und zwar entweder periodisch, indem der letztere selbst bei Hochwasserstand einen Wall für das niedrigere Wasser des Zuflusses bildet, oder beständig, indem der Hauptstrom sein Bett erhöht und seitliche Dämme aufwirft. Die Lagunen in verlassenen Betten an Stellen starker Stromteilungen verdanken ihren seeartigen Charakter auch häufig der Abdämmung. — 4. Schuttlandbecken, d. h. die Becken der Seen in ursprünglichen Vertiefungen des aufgeschütteten Bodens. Sie finden sich in gröfster Zahl im Moränenland, für das sie charakteristisch sind (z. B. Baltische

Seenplatte, Südbayern, Argentinien); ferner in der Dünenlandschaft und im Korallenschutt. — 5. Ausräumungsbecken. Gletscher vermögen an gewissen Stellen ihres Laufes in zweierlei Weise Becken zu schaffen, welche nach dem Rückzug Seen bilden: einerseits durch Ausschleifen harten Gesteins (Karseen, Fjordseen), andererseits durch Ausräumung und Wiederablagerung von Schutt. Fliefsendes Wasser bringt ähnliche Wirkungen nur in kleinstem Mafsstab hervor. Dagegen vermag der Wind Becken auszuhöhlen, insbesondere wenn in Gegenden, in welchen durch einen langen Zeitraum bei feuchtem Klima Gesteinszersetzung bis in grofse Tiefen stattgefunden hat, Trockenheit eintritt und die Vegetation vernichtet wird. Da manche Gesteine in mürbe, grusartige und leicht zerstörbare Massen verwandelt werden, andere aber (insbesondere die Quarzite und Tonschiefer) fast unzersetzt bleiben, schafft die mechanische Kraft des Windes Ungleichheiten und veranlafst die Entstehung von Becken, welche, wenn einmal später das Klima feuchter wird, Seen aufnehmen können. — 6. Abgliederungsbecken. Sie entstehen dadurch, dafs Teile eines Sees oder des Ozeans zu besonderen, meist kleinen Becken abgetrennt werden. Ein solcher Vorgang vollzieht sich, wenn ein seitlich einmündender Flufs ein Delta dammartig quer über einen See vorschiebt; oder wenn Brandungswellen und Strömungen sandige Wälle vor einer Küste aufrichten und dadurch Küstenlagunen abgetrennt werden; oder wenn die vor dem Ausgang tiefer Fjorde gelegenen Schwellen von festem Gestein oder Schutt infolge negativer Strandverschiebung trocken gelegt werden und eine vormals durch Eis in dem Felsboden ausgeschliffene Wanne als See (Fjordsee) zurücklassen, der allmählich ausgesüfst wird; ferner wenn Wallriffe eine Küste umsäumen; oder wenn ein Korallenriff sich zu einem Atoll zusammenschliefst. — Es lassen sich selbstverständlich noch andere Kategorien von Seebecken unterscheiden und die hier genannten nach anderen Prinzipien ordnen.

Wassermasse, Gefäll und die zum Teil aus beiden sich ergebende Stromgeschwindigkeit bestimmen die Transportfähigkeit und dadurch in weiterer Folge die Ablagerungen aus fliefsenden Gewässern. Wird einer dieser Faktoren gleich Null, so wird die Tragkraft des Wassers für alle Stoffe, welche höheres spezifisches Gewicht als dasselbe besitzen, vernichtet; sie sinken sämtlich zu Boden; daher sind die Seebecken und das Meer die Hauptstätten des Absatzes fester Stoffe. Erreichen jene Faktoren sämtlich hohe Werte, so wird die Transportfähigkeit aufserordentlich grofs; ebenso die Korrasion, durch welche die Ausschleifung und im wesentlichen die tiefere Erosion des Felsbettes der Gebirgsströme bewirkt wird. Dazwischen gibt es zahlreiche Abstufungen, welche der Reihe nach zur Ablagerung der gröfsten und dann der kleineren Gesteinsblöcke, des gröberen und kleineren gerollten Schotters, des Kieses, des Sandes, und schliefslich der feiner und feiner verteilten tonigen und glimmerigen Bestandteile führen. Weit mehr als die Gröfse würde das spezifische

Gewicht von Einflufs sein, wenn nicht alle Gesteine in dieser Beziehung sich beinahe gleich verhielten; doch bleibt z. B. das Gold, mit Ausnahme feinverteilten Goldstaubes, in der Nähe seiner Ursprungsstelle liegen, weil ein kleines Goldkorn in demselben Wildbach, welcher mächtige Gesteinsblöcke fortwälzt, zu Boden sinkt. — Bei der Einmündung von Gebirgsbächen in tiefe Seen entstehen Schutthalden aus geneigten Schichten, in welchen das Gröbere die oberen, steil abfallenden Teile bildet, das Feinere hingegen in wachsenden Tiefen und in wachsender Ausdehnung mit allmählicher Abnahme des Neigungswinkels zum Absatz kommt, und das Feinste über den ganzen Seeboden gleichmäfsig niederfällt, während auf der ebenen Scheitelfläche eine dünne Decke horizontaler Schichten sich ausbreitet, in welcher der Flufs sich deltaartig verzweigt. Seen sind daher Klärungsbecken für die Flüsse. Aber je mehr Material diese zuführen, desto schneller vollzieht sich die Ausfüllung in Gestalt gegeneinander wachsender Schutthalden. In weiterer Folge vereinigen sich erst deren untere Teile, dann ihre deltaartigen Oberflächen, bis das Becken ausgefüllt ist, und an Stelle des Wassers eine ebene Landfläche tritt. Modifikationen können besonders bei Abdämmungsseen dadurch herbeigeführt werden, dafs das Ausflufsniveau schon während der Ausfüllung durch Erosion tiefer gelegt wird. Besser gelingt dies dem Flufs, nachdem er den See vernichtet hat. Er gräbt sich dann in die Sedimente ein, zu denen er selbst das Material lieferte, und strebt nach ihrer Zerstörung und Fortführung. Tiefe Durchschnitte geben Gelegenheit zu Beobachtungen über die Gestalt der Seeablagerungen. Zu Studien von hohem Interesse haben die letzteren in solchen Seebecken geführt, welche lange vor ihrer völligen Ausfüllung infolge trockenen Klimas zu Salzpfannen eingetrocknet sind. Aufmerksame Untersuchung führt zur Ergründung der Geschichte des wechselnden Wasserstandes, aus welcher sich diejenige des Klimas ableiten läfst. — Es ist in derartigen Fällen sorgfältig darauf zu achten, ob sich in einzelnen Höhen Einschwemmungsreste und sonstige Seespiegelmarken finden lassen, die auf zeitliche Zusammengehörigkeit schliefsen lassen, und ob die dadurch bezeichnete Fläche derjenigen des heutigen Seespiegels parallel, oder gegen sie geneigt ist und daher auf inzwischen stattgehabte Erdrindenbewegungen deutet.

Da die meisten Gebirgsströme ihr Gefäll nicht ausgeglichen haben, sondern eine Anzahl von Stufen von verschiedener Form und verschiedener Länge bilden, wo Erosion und Ab-

lagerung häufig wechseln, bietet die letztere grofse Mannigfaltigkeit. Man gewahrt eine Anzahl von mehr oder weniger vollkommen gestalteten, bald kürzeren und steileren, bald längeren und sehr abgeflachten Schuttkegeln, welche sich von den Schutthalden der Gehänge, ebenso wie von denen der Seebecken wesentlich unterscheiden, indem die festen Teile nicht frei niederfallen und hinabrollen, sondern im Fallen so weit fortbewegt werden, als das fliefsende Wasser dies zu tun vermag. Letzteres strebt, jedem Schuttkegel eine fächerförmige Gestalt zu geben, wird aber darin innerhalb der Gebirgstäler durch seitliche Einengung in den meisten Fällen gehemmt. In jedem Schuttkegel nimmt die Korngröfse von der Stelle stärksten Gefälles nach denen des geringeren hin ab. In tieferen Lagen findet man oft eine abweichende Verteilung, welche auf andere Verhältnisse der Stromgeschwindigkeit in früherer Zeit schliefsen läfst. Wenn der Flufs dort in gröfseren Strecken seine eigenen Ablagerungen mit abgeschwächtem Gefäll durchströmt, windet er sich und erweitert seinen Talboden durch seitliche Erosion. Dies geschieht in Quertälern besonders vor solchen Stellen, wo der Flufs, nachdem er in einer Strecke weiche Schichten durchquerte, ein Hindernis zu überwinden, z. B. sich in eine Folge sehr harter Gesteine einzuschneiden hat. Ehe er diese Arbeit ausgeführt hat, kann er rückwärts und vorwärts seine Gefällskurve weiter ausgestaltet und in der Front schon eine andere Talweitung in weicherem Gestein geschaffen haben. Dann wird er nach dieser in Stromschnellen und Fällen hinabstürzen. Solche Talweitungen und Talstufen sind nicht mit denen zu verwechseln, welche in Gebirgstälern häufig durch die Sedimentausfüllung von Abdämmungsseen hervorgebracht werden.

Wo der Flufs aus der letzten Gebirgsenge, oder, wie es öfter der Fall ist, aus allmählich sich öffnendem Hügelland heraustritt, um seinen Lauf auf einer sanft geneigten, gemeinhin als Ebene bezeichneten Fläche fortzusetzen, wird gewöhnlich das Gefäll gering und gleichmäfsig. Ist der Boden der Fläche das Produkt des Flusses, so kann man ihn wie einen Schuttkegel des letzteren betrachten, über welchen der Flufs verschiedene Kanäle einzuschlagen vermag. Kleine Unterschiede im Gefäll bewirken, dafs der Flufs entweder nur in einem Kanal zur selben Zeit strömt, denselben aber in einzelnen langen Perioden wechselt, oder vor dem Punkt, wo ein See oder das Meer seinen Bewegungen ein Hindernis entgegensetzen, in mehreren Kanälen gleichzeitig fliefst und ein Delta bildet. Der Schotter erreicht bald das Ende seiner

Ablagerung; der Kies wird bei Hochwasser weitergeführt, der Sand in der Bodenschicht abwärts geschoben und in Wirbeln weiter getragen; der Schlamm bleibt zum Teil im Flufswasser suspendiert. Ist der Lauf kurz, so geht noch viel Sand direkt nach dem Meer; ist er lang, so weilt der Sand länger im Flufsbett, indem er Bänke bildet, welche ihre Lage und Form ändern und allmählich abwärts nach dem Mündungsgebiet gelangen. Der Schlamm wird zum Teil mit dem Sand gemengt, zum Teil geht er unmittelbar nach der Mündung. Tritt der Flufs bei dem jährlich wiederkehrenden Hochwasser über seine Ufer, so setzt sich der Sand in seiner Nähe ab und erhöht die Ufer; der Rest des Überschwemmungsgebietes wird mit schlammigem Sediment überführt, und auch aufgelöste Stoffe bleiben in dem abgelagerten Boden zurück. Es bieten sich hier dem Beobachter mancherlei Fragen. Wie sind die Sedimente beschaffen? (Proben zu sammeln), und welches ist ihre wirtschaftliche Bedeutung? Wie weit reicht das Überschwemmungsgebiet gegen das Meer, gegen das Gebirge, und in anderen Richtungen? Ist das Wasser strömungslos seeartig ausgebreitet, so bietet es ein Mittel zu natürlichem Nivellement. Lassen sich alte verlassene Flufsläufe durch vorhandene Kanäle, Versandungszonen, alte Dämme oder historische Überlieferungen nachweisen?

In den Mündungsästuaren grofser Ströme kommen alle jene Ablagerungen in Betracht, welche sich durch die Kombination der Wirkung des Stromes mit derjenigen von Ebbe und Flut, oder, wo diese fehlen, des stillstehenden Wassers bilden. Indem die Gezeiten durch die zweierlei Bewegungen eine Saigerung veranlassen, gelangen im allgemeinen, je weiter an der Mündung abwärts, mehr und mehr die feineren Sedimente zum unmittelbaren Absatz aus dem Wasser, während zugleich dadurch, dafs der Ebbestrom aufser dem eingedrungenen Flutwasser auch das Flufswasser begreift, mithin stärker ist als der Flutstrom, die im Strombett gebildeten Bänke und Inseln von Sand allmählich abwärts wandern. Das Endresultat im Meer ist daher wahrscheinlich eine Vermischung von Ton und Sand, oder ihr Wechsel in sehr dünnen Lagen. Die Geschichte der Inseln in Strommündungen und der Ansiedelungen auf denselben, die weit schneller vor sich gehenden Änderungen in der Verteilung der unter Wasser bleibenden Bänke und der fahrbaren Kanäle, die Versandung alter Kanäle und die Bildung neuer, die Form der Barre, welche sich quer zur Flufsmündung im Meer bildet, die zuweilen in Gestalt

langer Zungen von Sand dem Flufs sich anlagernden und ihn seitlich ablenkenden Halbinseln und Dünen, die Art der Absätze jenseits der Barren am Meeresgrund — sind sämtlich Gegenstände von theoretischem und praktischem Interesse. Hinsichtlich der Bewegung des Wassers sind in jedem Flufs zwei Punkte festzusetzen: derjenige Punkt, bis zu welchem die Flut als Strom aufwärts dringt (er bezeichnet oft die Lage wichtiger Handelsplätze), und der höchste Punkt im Flufs, wo noch ein Steigen des Wassers bei dem Eindringen der Flut stattfindet.

Mit den Schwankungen des Klimas und den Bewegungen der Erdrinde ändern sich bei fliefsenden Gewässern Wassermasse, Gefäll und Betrag der Sedimentführung. Die Geschichte eines Stromes setzt sich daher in jeder Einzelstrecke seines Laufes aus Perioden erhöhter Bildung von Ablagerungen und Perioden erhöhter Fortführung derselben, aus solchen mühsamen Fortschleppens zu schwerer Lasten und solchen tatkräftigen Einschneidens in die Sedimente zusammen. Scharfe Beobachtung, insbesondere der die Flüsse häufig begleitenden Terrassen, vermag Material zu der Geschichte der Flüsse und in weiterer Folge auch des Klimas einer Gegend beizubringen. Diese meist scharf sich abhebenden, oft aber verwaschenen und kaum kenntlichen Stufen finden sich ebenso im Gebirgslauf der Flüsse, wie im Flachland, bis zu den Mündungsgebieten. Zuweilen, besonders wenn sie aus leicht durchlässigem Schotter bestehen, bilden sie durch Unfruchtbarkeit einen Kontrast zu dem reicheren Alluvialland, welches den Flufs begleitet; aber manchmal sind sie die Hauptstätten für Ansiedelung und Ackerbau. Häufig findet man eine Mehrzahl von Terrassen. Wo sie in einem grofsen Flufstal gänzlich fehlen, und die jüngsten Alluvien unmittelbar bis an die Gehänge heranreichen, wird (wie in dem breiten Tal des Brahmaputra) eine Verminderung des Gefälles durch relative Erhöhung der Erosionsbasis anzunehmen sein.

Einen besonderen Beobachtungsgegenstand bilden die Ablagerungen in Höhlen, von deren Bildung auf S. 320 die Rede war. Der ruhige Aufenthalt, welchen Höhlen den gröfseren Säugetieren und dem Menschen in seinen frühen Entwickelungsstadien gewährten, gibt den Absätzen in ihnen eine hervorragende Bedeutung für das Studium des gleichzeitigen Bestehens gewisser Tierarten und des Menschen mit ihnen, aber nur wenn sie mit grofser Sorgfalt untersucht werden. Der Reisende hat dazu keine Gelegenheit; aber sie dürfte sich zuweilen dem bieten, welcher längere Zeit in der

Nähe von Höhlen wohnt, und es wäre von Wert, zu den vielen jetzt in Europa erhaltenen Resultaten solche aus anderen Erdteilen hinzuzufügen. Die Ablagerungen in Höhlen bestehen im wesentlichen aus Kies, Lehm und Stalagmit, d. h. Kalksinterablagerungen am Boden. Inkrustationen des letzteren konnten sich nur in Zeiten der Ruhe bilden, während Kies darauf deutet, dafs ein Flufs die Höhle durchströmte, wie es jetzt noch so häufig der Fall ist. Der Lehm, in vielen Fällen wesentlich der Rückstand des gelösten Kalksteins, zeigt ruhigeren Absatz an. Die Tierreste sind zum Teil abgerollt und dann mit Sicherheit von aufsen zugeführt, zum Teil deuten sie darauf, dafs die Tiere an Ort und Stelle starben und inkrustiert wurden. Produkte menschlicher Kunst dürften stets als am Ursprungsort befindlich angenommen werden können. Mit grofser Vorsicht mufs man die in einer bestimmten Lage, z. B. oberhalb oder unterhalb einer gewissen Stalagmitdecke, befindlichen Reste sammeln und wohl darauf achten, dafs sie nicht mit anderen vermengt werden. Die Bestimmung der aufgefundenen Reste, welche nur von Sachverständigen ausgeführt werden sollte, gestattet festzusetzen, ob nacheinander verschiedene Faunen lebten und klimatische Änderungen andeuten; ob der Mensch mit gewissen Tieren, deren geologisches Alter von anderwärts bekannt ist, zusammen existierte; ob Steinwerkzeuge und Geräte verschiedene Kulturstadien des Menschen erkennen lassen; vielleicht auch, ob verschiedene Rassen nacheinander in einer Gegend auftraten [1]).

4. Eis und Gletscher.

Über die Eisbildung in Flüssen und Seen kann der Reisende selten Beobachtungen von allgemeinerem Interesse anstellen; doch kann die Aufzeichnung einzelner Tatsachen Material zur Vergleichung bieten. Die mechanischen Wirkungen durch den Eisgang der Ströme und der Transport von Material sind zu beachten. — Wo man sich nahe den Grenzen des in der Tiefe beständig gefrorenen Bodens

[1]) Ein Gegenstand, welcher noch immer ein lockendes Ziel einer wissenschaftlichen Reise bildet, sind die noch nicht untersuchten Höhlen von Yünnan, welche die erstaunlichen Mengen in chinesischen Apotheken verkäuflicher fossiler Zähue (bekannt als Drachenzähne) liefern. Ein längerer Aufenthalt daselbst bietet keine Schwierigkeit, und nirgends sind so zahlreiche auf den besonderen Gegenstand eingeübte Arbeiter zur Hand.

befindet, sollten dieselben festgesetzt sowie Erkundungen über Zeitpunkt der dauernden Verflüssigung an der Oberfläche und die Tiefe, zu der sie hinabreicht, eingezogen werden. — Es gibt auch örtliche unterirdische Kälteherde, welche sich am augenfälligsten in den Eishöhlen zu erkennen geben. Jede neue Entdeckung solcher Höhle ist von Interesse und sollte zum Gegenstand der Untersuchung gemacht werden. Man kennt zweierlei Ursachen, welche die Erscheinung erklären können. Die eine besteht in der Abkühlung, welche durch Verdunstung von Wasser aus lockerem Schutt infolge der Wärmeentnahme eintritt. Es ist wahrscheinlich, dafs in Höhenregionen, wo in der Bodenschicht von unveränderlicher Temperatur ein niederes Jahresmittel zum Ausdruck kommt, die unterirdische Abkühlung bei trockener Luft und intensiver Sonnenbestrahlung bis zur Eisbildung im Boden fortschreiten kann, und dafs manche kleine Eishöhlen in diesen Regionen hierdurch zu erklären sind. Die Theorie ist aber unzureichend für weitaus die Mehrzahl der grofsen Eishöhlen, wo aufserordentlich bedeutende Massen von Wasser gefroren sind. In gut untersuchten Fällen hat es sich erweisen lassen, dafs eine einzige, nach oben gerichtete offene Verbindung mit der Atmosphäre vorhanden ist. Daher scheint die Annahme begründet, dafs jederzeit solche Luft, welche kälter ist als diejenige in der Höhle, und nur solche, eindringt und die Bodenschicht verdrängt, bis sie selbst durch noch kältere ersetzt wird. In Gegenden, wo die winterlichen Lufttemperaturen weit unter den Gefrierpunkt hinabgehen, wird daher bei der jährlichen Wiederholung des Vorganges während der Winterperiode eine dauernd starke Abkühlung hervorgebracht und durch Eisbildung erhalten werden können. Diese Erklärungen geben Fingerzeige für Beobachtung und Beurteilung; sie leiten auch dazu, die Temperatur in Höhlen überhaupt zu messen und die Zugänge der letzteren zu suchen. — Bei Meereis ist der Grad der Ausscheidung und der Aufnahme von Salzen, sowohl an der Oberfläche als an der Unterseite, zu berücksichtigen; auch ist die Dicke festzustellen, welche es im Verlauf eines Winters und, wo es sich erhält, durch Anwachsen während einer Reihe von Jahren erreicht. Die weiteren Probleme des Polareises in seinen verschiedenen Gestaltungen dürfen als dem Polarfahrer bekannt vorausgesetzt werden.

Für den Benutzer der „Anleitung“ kommen vor allem die Gletscher in Betracht. Wer in den Fall kommt, sie eingehend zu beobachten, sollte sich vorher mit der Literatur

darüber bekannt machen[1]). Bei den Gletschern des Hochgebirges ist die Firnregion von der Gletscherzunge zu unterscheiden. Erstere umfaſst die Gebiete, in welchen der niederfallende und von angrenzenden Bergrücken zusammengewehte, von Jahr zu Jahr sich anhäufende Schnee durch das Zwischenstadium des Firneises in Gletschereis verwandelt wird. Eindringen des Schmelzwassers, Regelation und Druck scheinen dabei die wichtigsten Rollen zu spielen. An welchen Seiten der Kämme (nach Kompaſsrichtung) findet die gröſste Anhäufung statt? an Nordhängen? und an der Leeseite im Verhältnis zu den schneebringenden Winden? Wie ist an der Oberfläche die Gestalt der konkaven Gefällskurven? Sie sind womöglich in Längs- und Querrichtung zu messen. Läſst sich Bewegung nach abwärts an der Oberfläche nachweisen? Daſs sie nach der Tiefe stattfindet und gegen den Boden hin eine stetig wachsende Komponente nach vorn hinzutritt, ist ein notwendiges Postulat, da an dem tiefstgelegenen unteren Ende des Firnfeldes der Eisstrom entquillt, welcher den eigentlichen Gletscher oder die Gletscherzunge bildet. In ihr findet eine bei fortgesetzter Beobachtung deutlich wahrnehmbare Bewegung nach abwärts statt. Durch Anbringen von Signalen läſst sich für die Oberfläche ihr örtlich an verschiedenen Stellen des Querschnitts und zeitlich nach den Jahres- und Tageszeiten schwankendes Maſs festsetzen. Überhaupt sind Messungen nach möglichst vielen Gesichtspunkten auszuführen; auch ist die Lage und Richtung der Gletscherklüfte in einzelnen Teilen, besonders in ihren Beziehungen zu den Formen der Talwände und des Untergrundes, zu beobachten. Wichtig ist die Beschaffenheit des Eises, namentlich die Gröſse und Gestalt des Gletscherkornes an verschiedenen Stellen der Gletscherzunge, die Temperatur des Eises an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen, ihr Verhältnis zu dem jeweiligen Druck; ferner die geschichtete und gebänderte Struktur des Eises, der Zusammenhang der Bänderungen teils mit den Jahresniederschlägen im Firnfeld, teils mit seitlichem Druck, die Deformierung der Bänderungen durch die Gletscherbewegung, der Gehalt des Eises an Gesteinsmaterial in tieferen Teilen, der Grad der Abschmelzung an verschiedenen Stellen der Oberfläche, das Volumen des aus dem Gletschertor des letzten Endes entströmenden Wassers und sein Gehalt an

---

[1]) Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. — H. Heſs, Die Gletscher, Braunschweig 1904. — Von klassischer Bedeutung für alle Studien über frühere Vereisungen ist das Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ von Penck und Brückner, 1901—1905.

festen Stoffen. Wer in den Fall kommt, sich dem Studium eines Gletschergebietes intensiver zu widmen, sollte nicht unterlassen, Tiefenuntersuchungen mittels der jetzt sehr vervollkommneten Bohrapparate auszuführen. Dankenswert würden photogrammetrische Aufnahmen der Endteile einzelner bedeutender Gletscher sein; sie würden einem Besucher, der nach Jahren dorthin kommt, wichtigen Anhalt zu Beobachtungen über das Mafs des inzwischen eingetretenen Vorrückens oder Abschmelzens geben.

Die Gebirgsgletscher üben eine bedeutende transportierende Tätigkeit aus. Infolge beständiger Loslösung scharfkantiger, unzersetzter Fragmente durch Spaltenfrost werden die für vergletscherte Hochgebirge charakteristischen Formen der wilden Grate und Bergfirsten geschaffen. Schutthalden reichen bis auf das Firnfeld oder den in Bewegung begriffenen Gletscher herab; die Gesteinstrümmer werden in Gestalt von Moränen oder Schuttstreifen auf seinem Rücken und an den Seiten abwärts geführt, um sich am unteren Ende zur Endmoräne anzuhäufen, die bei dem Rückzug des Eises als ein Wall stehen bleibt, bei dem Vorschreiten desselben teilweise zerstört und ausgeglättet wird. Aufserdem wird, von dem oft von Schutthalden umsäumten Firnfeld an, gelockertes Gesteinsmaterial im Inneren der Eismasse und unter deren Druck am Boden fortbewegt. Es wird durch verschiedene Vorgänge geliefert. Im Beginn der Eisbildung mufsten die oft sehr mächtigen Produkte säkularer Tiefenzersetzung (S. 316) dem Eis nach und nach durch Einfrieren einverleibt und mit ihm, wesentlich in der Richtung nach abwärts, fortbewegt werden. Sobald an einer Stelle das unzersetzte Gestein blofsgelegt war, konnte am Boden des Eises, wo die Temperatur stets der dem Druck entsprechenden Schmelztemperatur genähert ist, Absplitterung durch Spaltenfrost und Loslösung vorspringender Teile durch Stofs neues Material liefern. Aufserdem gelangen erhebliche Teile des an der Oberfläche fortgetragenen Schuttes durch die Spalten in das Innere und schliefslich zum Teil an den Boden des Gletschers. Hier bildet all dieses Material als Grundmoräne eine in ihrem Betrage von Fall zu Fall sehr wechselnde, der Eismasse selbst einverleibte Bodenschicht, welche mit dieser fortbewegt wird, einerseits von der Höhe nach der Tiefe, andererseits von den Stellen hohen nach denen geringeren Eisdruckes. Dabei übt es auf die felsige Unterlage eine beständig schleifende Wirkung aus, von deren hohem Betrag die milchige Trübung des Gletscherwassers einen deutlichen Beweis gibt. Nähere Beobachtungen über die mechanische

Wirkung sind nur dort anzustellen, wo ein Gletscherbett durch Abschmelzung frei geworden ist. Sobald der Gletscher durch das Auseinandertreten der Talwände sich seitlich frei entwickeln kann, scheint die schleifende Wirkung auf dem Boden aufzuhören, weil dort die strömende und wälzende Bewegung der Eismasse die auf molekülaren Vorgängen beruhende, mit dem Gletscherkern zusammenhängende innere Bewegung übertrifft. Es vollziehen sich am Boden nur geringe Änderungen.

Inwieweit gegenwärtige Gebirgsgletscher früher gröfsere Längenausdehnung und gröfsere Mächtigkeit gehabt haben, erkennt man an dem Vorhandensein der Merkmale, welche den Boden der sicher festgestellten ehemaligen Gletscherbetten auszeichnen. Hervorzuheben sind als solche: die U förmige Gestalt des Querprofils der Täler, indem der breit abgeflachte Boden sich durch eine Rundung mit den steilen Seitenwänden vereinigt; ferner, polierte und geschrammte Gesteinsflächen am Boden und an den Seiten, an ersterem oft unterbrochen durch die sogenannten Rundhöcker, d. h. flachgerundete, nach vorn etwas ansteigende, aus den Eisbahnen sich erhebende Massen von deren Grundgestein, welche von der Stofsseite her abgewetzt sind, an der Leeseite aber eine steilere unregelmäfsig gestaltete Abfallsfläche zeigen; ferner, Reste von Seitenmoränen an den Gehängen, meist mit Gesteinstrümmern aus den höheren Teilen des Gebirges beladen; Reste der Grundmoräne am Boden, und eine oft noch wohlerhaltene Endmoräne an der Stelle, wo das Gletscherende zuletzt längere Zeit verweilte. Zuweilen wird man auch über das Vorrücken und Rückschreiten des Gletscherendes während der letzten Vergangenheit Erkundigungen einziehen können. — Wo die Gletscher ganz geschwunden sind, erweist sich ihre vormalige Anwesenheit an den Karen, d. i. nischenartigen Einsenkungen mit breiter, steiler bis senkrechter, gegen das Berggehänge scharf abgesetzter Rückwand und langen, nach vorn sich zusammenschliefsenden, meist ebenfalls sehr steilen Seitenwänden, welche den flachen, in der Regel beckenförmig in den Fels eingetieften Boden einschliefsen. In diesem liegt häufig ein See. Zuweilen ist ein Kar oder Zirkus von imponierender Gröfse vorhanden; dann folgt etwas weiter talabwärts ein zweiter Zirkus, zuweilen noch ein dritter, ehe das breite Bett der vormaligen Gletscherzunge erreicht wird. Kleinere Kare sind in der Regel an einem Gehänge in Mehrzahl nebeneinander angeordnet. Man sollte aufser ihrer Bodengestalt die Meereshöhe ihres Bodens genau bestimmen. Denn jedes Kar ist der Sitz eines vormaligen Firnfeldes; daher bezeichnet sein Boden



die Höhenlage der vorzeitlichen klimatischen Firngrenze. Da nur in grofsen Firnfeldern wohlcharakterisierte Gletscherzungen entspringen, geben auch nur grofse Kare Anlafs, dem Bett der alten Gletscher nachzugehen, bis man ihr unteres Ende in Resten von Schuttgebilden findet. Doch ist betreffs dieser vor vorschnellem Urteil zu warnen. Im allgemeinen zeichnen sich Anhäufungen von Moränenschutt dadurch aus, dafs Gesteinsblöcke der verschiedensten Gröfsen ordnungslos durcheinanderliegen, und zwar sind die auf dem Rücken des Eises transportierten Gesteinsblöcke scharfkantig, während diejenigen, welche der Grundmoräne angehören, abgenutzt sind, und die aus härterem Gestein bestehenden häufig noch die scharf eingeritzten Schrammen zeigen, welche von dem unter hohem Druck geschehenen Fortschieben auf dem felsigen Bett und der gegenseitigen gewaltsamen Reibung der Stücke herrühren. Fein zerriebenes, die Beschaffenheit von mürbem Letten annehmendes Gesteinsmehl, welches für Wasser schwer durchlässig ist, nimmt an der regellosen Zusammenhäufung wesentlichen Anteil.

Mehr als im Hochgebirge selbst, sind die Nachweise des Ganges ehemaliger grofser Vergletscherungen in den Tälern und im Vorland zu suchen. Seitdem Penck durch scharfsinnige Studien in den Alpen den Wert der Glazialschotter als Beobachtungsobjekt kennen gelehrt, die Art ihrer Zusammensetzung und Verkittung, sowie die Beschaffenheit und relative Lage ihrer Lagerstätten untersucht und an ihrer Hand fünf durch lange Zwischenperioden getrennte Eiszeiten für das genannte Gebirge festgestellt hat, ist der Schlüssel für die Ausführung ähnlicher Arbeiten in anderen ehemals stärker vergletschert gewesenen Gebirgen gegeben.

Abgesehen von diesen Beobachtungen zum Nachweis ehemaliger Gebirgsvergletscherung bedarf auch die Festsetzung regionaler Inlandeisbedeckung der Glazialzeit noch weiterer Vervollständigung. Auch hier sind die Gebiete glazialer Abräumung und die Gebiete glazialer Aufschüttung zu unterscheiden; erstere ausgezeichnet durch die Fortschaffung alles in vorhergegangenen warmen Perioden gelockerten und tiefzersetzten Gesteins, durch flächenhafte schrammige Abschleifung des festeren Gesteins und Einsenkung zahlreicher wassererfüllter Felsbecken; letztere durch weit ausgedehnte Ablagerung des von fernher durch das Eis zugeführten Gesteinsmaterials in mehrfachen charakteristischen Formen. Sorgfältige Untersuchung hat, ebenso wie bei den Gebirgsgletschern, zum Nachweis mehrerer durch wärmere Perioden getrennter Eis-

zeiten geführt, in deren jeder die gleichen Vorgänge, nur in Umfang und Gröfse verschieden, sich wiederholt haben. Wichtig ist die Aufsuchung der äufsersten Endmoräne, da sie unvereist gebliebenes Land von dem einst vereisten trennt. Deutlicher ist gewöhnlich diejenige der letzten Vereisung ausgeprägt, welche sich in engeren Grenzen hält, aber auch noch eine landschaftliche Scheide bildet. Reichtum an Seen in der unebenen Oberfläche des schwer durchlässigen Schuttbodens und an Mooren, welche durch Ausfüllung an deren Stelle traten, charakterisiert die Moränenlandschaft, z. B. auf der Baltischen Platte und in Oberbayern. Wer zur Vervollständigung der Kenntnis dieser Gebilde beitragen will, sollte sie in einem gut untersuchten Gebiet kennen lernen, um die mancherlei Probleme zu verstehen, welche sich bezüglich der Bodenarten und der Bodenverteilung, der Höhenverhältnisse, der Transportlinien der Gesteine, der Schlüsse auf ehemalige klimatische Zustände, in den Perioden der Vereisung wie in den interglazialen, der Bedeutung der verschiedenen aus dem Glazialschutt herauspräparierten Bodenanhäufungen für Pflanzenwelt und Mensch und vieler anderer Gesichtspunkte darbieten.

Wer sich dem Studium der Probleme des gegenwärtigen Inlandeises in Grönland und Antarktika widmen will, wird am besten tun, den Fufsstapfen von Drygalski's zu folgen und in seinem grofsen Grönlandwerk den feinen Methoden nachzugehen, welche dort zum Ziel führen. Unter den mancherlei Gesichtspunkten von allgemeinerer Bedeutung mögen hervorgehoben werden: das Verhältnis der beinahe ruhenden Oberfläche zu der starken Bewegung in den Tiefen, welches den Bedingungen der Firnfelder entspricht; der Transport von Grundmoräne von tieferen nach höheren durch die Nunatakr bezeichneten Teilen; die aus der Gestalt der Karböden ersichtliche Konzentration der gröfsten Arbeit und gröfsten Bewegungsenergie an den Stellen des Bodens, welche unter höchstem Eisdruck stehen; die Gestalt der Fjordrinnen, durch welche das Ausströmen von den tiefsten Teilen her stattfindet; die Geschwindigkeit, mit welcher dies geschieht; das Volumen der Eismasse, welche in einem gegebenen Zeitabschnitt entweicht, und vieles andere.

Der Nachweis von Eiszeiten in früheren Zeitaltern der Erdgeschichte würde von hohem Wert sein. Durch das Vorkommen geschrammter Geschiebe und eines geschrammten Felsbodens ist er für einen wahrscheinlich der permischen Periode angehörigen Zeitabschnitt in Südafrika, durch das

Einschalten grofser Felsblöcke in ein feineres Meeressediment für denselben Zeitabschnitt in Ostindien beigebracht worden. Den gleichen Argumenten ist in anderen Gegenden, und besonders in den Südkontinenten, Beachtung zu schenken. Die neuerliche überraschende Entdeckung geschrammter Geschiebe in moränenartigem Material von cambrischem Alter durch Bailey Willis im mittleren China zeigt, dafs es nicht aussichtslos ist, weitere Anzeichen dieser grofsen, für die Geschichte des organischen Lebens höchst bedeutungsvollen klimatischen Schwankungen zu finden.

5. Umlagerung durch Wind; — Steppen und Wüsten.

Während das Wasser der Festländer durch seine eigene Bewegung von höheren nach tieferen Stellen feste Massen nur nach dieser Richtung hin mit sich führt, die örtlich gesteigerte Kraft ihm aber den Transport von mäfsig grofsen Felsblöcken gestatten kann, das Eis hingegen in der Gröfse der von ihm fortgetragenen Gesteinsmassen fast unbeschränkt ist und sie an geneigten Flächen langsam nach aufwärts zu transportieren imstande ist, ist der Wind zwar hinsichtlich der Korngröfse der Teilchen, die er in Bewegung zu setzen vermag, auf Sand und Staub beschränkt; aber er kann den ersteren in der Horizontale fortwälzen und bergauf transportieren, während er den Staub hoch emporhebt und ihn über die höchsten wie die tiefsten Regionen seines Bettes, welches die ganze Erdoberfläche ist, ablagert. Die Rolle der drei Agentien ist daher eine wesentlich verschiedene. Die Ablagerungen, welche der Wind verursacht, können, wo die Bedingungen zu ihrer stetigen Summierung vorhanden sind, bedeutende Mächtigkeit erreichen, wo jene hingegen fehlen, sich durch ihren geringen Betrag beinahe der Beobachtung entziehen. Sie sind von gröfster Wichtigkeit für die Existenz der Organismen und die Bodenkultur; daher sollte der Reisende sie beachten.

Der Wind führt Abtragung (Ablation) aus, wo immer er gelockertes Material vorfindet. Feuchtigkeit und Vegetation hindern seinen Angriff; am freiesten ist dieser in kahlen, trockenen Gegenden, daher besonders in den Wüsten. Die fortdauernde Zersetzung des Gesteins, seine Lockerung infolge raschen und oftmaligen Wechsels von starker Erhitzung und Abkühlung (S. 319), die Massenumsetzungen fester Stoffe durch die seltenen aber wolkenbruchartigen Regengüsse trockener Länder,

der Tritt der in Herden sich bewegenden Huftiere, sind Agentien, durch welche dem Wind stetig neues Angriffsmaterial dargeboten wird; die gleiche Wirkung hat der Ackerpflug in Landstrichen, welche in normalem Zustand beständig mit Vegetation bedeckt sein würden. Manchen trockenen Gebieten werden durch die Flüsse umgebender Hochgebirge feinkörnige Sedimente, insbesondere Gletscherschlamm, zerstäubtes Eruptionsmaterial der Vulkane usw. in grofsen Massen zugeführt; der Eintritt der trockenen Jahreszeit überliefert sie der Stofskraft des Windes. Trifft letzterer eine Anhäufung von verschiedenen Korngröfsen, so trägt er die gröfsten Teilchen, welche er fortzubewegen vermag, d. h. die Körner von Sandgröfse, zunächst auf geringe Erstreckung fort und schleift sie gegeneinander ab, während er den Staub nach weit entfernten Gegenden bringen kann; es bildet sich in der Bahn des Windes ein idealer Schuttkegel von beinahe unendlicher Ausdehnung.

Das Sandtreiben ist eine Erscheinung der Wüsten und der Meeresküsten. Die Sandkörner werden mit grofser Heftigkeit in der Horizontale fortbewegt und üben dabei auf anstehendes Gestein und Gesteinsblöcke eine der Wirkung des Sandgebläses analoge schleifende Arbeit aus. Die abgesprengten Teilchen werden ebenfalls fortgetrieben; geglättete Felswände, Unterhöhlungen infolge gröfserer Nachgiebigkeit der Gesteine einzelner Schichten, rundlich polierte Quarzkiesel, mit denen die Sserirwüste streckenweise bedeckt ist, und das Schleifen von Dreikantern, deren besonderer Bildungsvorgang noch nicht mit Klarheit feststeht, sind Zeugen dieser Vorgänge. Über Art und Betrag der mechanischen Einwirkung sollten weitere Untersuchungen angestellt werden. Wo die Kraft des Windes aufhört, wie an der Leeseite von Bergen, oder bei dem Wehen quer über scharfe Einschnitte, oder wo sich ein Widerlager bietet, häuft der Sand sich an; neue Sandkörner werden an den Anhäufungen aufwärts getrieben und fallen an deren Leeseite hinab. So entstehen die langgestreckten Sanddünen, welche gewöhnlich parallele Wellen bilden, und die meist einzelstehenden gekrümmten Dünen oder Barkhane, deren oft nur durch einen Strauch verursachter Scheitel dem Wind zugekehrt ist; von ihm gehen zwei Arme aus. Die Dünen bilden sich an Meeresküsten durch das Auftreiben des zur Ebbezeit trocken liegenden Sandes, welchen die Brandungswelle in steter Erneuerung zuträgt. Diese Dünenzüge bieten nach Gestalt und Umbildung noch immer ein Feld für die Beobachtung; besonders sollte die Aufmerksamkeit auf binnenländische Dünenzüge gerichtet werden, welche ein vormaliges

weiteres Eingreifen des Meeres in das Land bekunden. Durch Vegetationsbedeckung haben sie häufig eine befestigte, weiterer Verschiebung zunächst nicht unterworfene Lage. Bei den Dünen der Wüsten fehlt solche Bekleidung; bei ihnen kommt als Beobachtungsobjekt ihr Wandern und das Mafs dieses Vorganges, insbesondere wo Oasen eingeschränkt oder ganz verschüttet worden sind, hinzu.

Während das Sandtreiben örtlicher Beschränkung unterliegt, hat das Staubtreiben regionalen Charakter. Über grofse Landstriche und in den verschiedensten Meereshöhen fällt der Staub langsam nieder, wenn die bewegende Kraft nachläfst. Durch Regen wird er gleichmäfsig niedergeschlagen, während er sich bei trockener Luft besonders an der Leeseite der Unebenheiten des Bodens und in Vertiefungen anhäuft. Von kahlen Stellen wird er wieder hinweggeführt; wo Vegetation ihm Schutz gewährt, bleibt er liegen und wird durch Befeuchtung dem Erdboden einverleibt. Da er aus Trümmern aller Arten von Gesteinen besteht und organische Bestandteile enthält, vermehrt der Niederschlag des Staubes die Fruchtbarkeit des Bodens. Der Betrag der Erhöhung des letzteren hängt von der Vegetationsbedeckung und dem Betrag der Ablagerung ab. Dieser ist minimal in beständig feuchten Gegenden, wo wenig Anlafs zur Bildung von Staub gegeben ist und die geringe Menge desjenigen, welcher in der Atmosphäre schwebt, bald durch Regen niedergeschlagen wird. Dagegen ist er am gröfsten in solchen Erdräumen, wo trockene und feuchte Jahreszeiten so miteinander wechseln, dafs zwar Waldwuchs (abgesehen von den Ufern der Flüsse) ausgeschlossen ist, aber Gras- und Krautvegetation gedeiht, und wo ausgedehnte, in der Bahn der herrschenden Winde gelegene Wüsten oder örtlich zerstreute kleinere wüste Strecken, besonders solche, welche aus umgebendem Gebirge stets neue Zufuhr von zerkleinertem Gesteinsmaterial erhalten, oder Niederschläge aus Gletscherbächen, unerschöpfliche Vorratskammern und Entstehungsstätten von Staub bilden. Dann kann dieser während der ganzen trockenen und einzelner Perioden der nassen Jahreszeit über das vegetationsbedeckte Gebiet ausgebreitet werden und dessen Boden erhöhen. Diese Umstände vereinigen sich am vorteilhaftesten bei der Mehrzahl der Grassteppen. Wie sie den Bodenzuwachs begünstigen, verstärkt der letztere rückwirkend die Bedingungen, deren die Grassteppe zu ihrer Existenz und zum Ausschlufs der Baumvegetation bedarf.

Äolisch gebildete Bodenarten bieten sich vielfach der Beobachtung. Wo sich auf Erhöhungen eine dem Unter-

grund fremdartige Bodendecke findet, welche weder durch Zersetzung des Gesteins noch durch die Wirkung von fliefsendem Wasser oder Eis an ihre Lagerstätte geführt worden sein kann, ist sie äolischen Ursprungs. Dahin gehören die erdigen, Vegetation tragenden Ansammlungen von Boden in altem Gemäuer, in den Zimmern von Burgruinen oder auf hohen Türmen, die Bodendecke, welche Städte des Altertums, insbesondere solche in erhöhten Lagen, vollkommen und bis zu gänzlicher Unkenntlichkeit überziehen, wie in Syrien und Mesopotamien, die Lagen von Vegetationsboden, welche sich, wenn auch wenig mächtig, so doch in deutlicher Absonderung über Sanddünen, z. B. im norddeutschen Flachland, ausbreiten. An der Hand solcher Beispiele, wo die äolische Zufuhr unzweifelhaft ist, wird man dazu gelangen, die gleiche Entstehung für gewisse Bodenarten an anderen, tiefer liegenden Stellen nachzuweisen. Unter günstigen Umständen können sich daran Schätzungen über das Mafs des Anwachsens knüpfen. — Alle diese Bodenarten bestehen aus staubartig feinem Material, wenn auch an manchen Orten heftige Stürme sandartige Gesteinskörnchen aus nahe gelegenen Gebirgen von Zeit zu Zeit herzugeweht haben; dann nehmen diese nach dem Gebirge hin an Menge zu, und der Boden ändert gegen dieses hin seine Beschaffenheit, indem das Transportmaterial von Rieselwässern dem Boden beigemengt, oder dasjenige von plötzlichen grofsen Wasserfluten über die Steppenfläche ausgebreitet wurde und nach weiterer äolischer Überschüttung die Gestalt von Zwischenschichten erhielt. Je weiter von solchen Ursprungsstellen fremdartigen Materials entfernt, besto reiner und feinerdiger wird der äolische Boden, und wo jene überhaupt nicht vorhanden sind, ist er von ganz ebenmäfsiger Beschaffenheit. Haupteigentümlichkeiten sind: die Unabhängigkeit der Verbreitung von absoluter und relativer Höhenlage; der Mangel an Schichtung; hochgradige Porosität, welche selbst in der trockenen Jahreszeit die Zufuhr hygroskopischen Wassers ermöglicht; das Vorhandensein vertikaler Kanälchen durch die ganze Mächtigkeit hindurch, welche von den Wurzeln ehemaliger Generationen von Gräsern herrühren; die Neigung zu vertikaler Absonderung, und in der Regel das Vorhandensein von kleinen Kalkkonkretionen („Löfsmännchen") und von Schalen an Ort und Stelle gestorbener Landschnecken, sowie zerstreuter Knochen von gröfseren und ganzer Skelette von kleinen grabenden, für die Steppe charakteristischen Säugetieren.

Diese Eigenschaften lassen sich an der Oberfläche des Bodens nicht erkennen; sie treten erst an vertikalen Durch-

schnitten hervor. Diese sollte man aufsuchen. Den normalen Typus des äolischen Bodens bildet der Löfs, mit dessen Charaktereigenschaften der Reisende sich vertraut machen sollte, um diese wichtige Bodenart überall, wo sie vorkommt, zu erkennen und ihre Bildungsgeschichte zu studieren, sowie um andere ähnliche, ebenfalls in ihrer Struktur durch die Pflanzenwurzeln beeinflufste Bodenarten, insbesondere das Schwemmland ehemaliger Deltaländer, davon unterscheiden zu können. Wo der Löfs durch Flüsse aufgeschlossen ist, stürzt er in senkrechten, zuweilen durch Terrassen unterbrochenen Wänden ab und zeigt eine Mächtigkeit bis zu mehreren hundert Metern. Wo er hinreichende Befeuchtung erlangt, ist er üppiges, besonders für den Bau von Cerealien geeignetes Kulturland. Grenzt er an Steppen, welche nicht von tiefen Rissen durchzogen sind, so erkennt man in ihnen an der Analogie aller Verhältnisse leicht die Bildungsstätte des Löfs, dessen Struktur und Eigenschaften erst durch die Einschnitte aufgeschlossen wurden. — Während in solchen Gegenden, wo es eine trockene Jahreszeit gibt, der äolische Boden bis zur Oberfläche eine lehmbraune Farbe hat, bildet sich in einigen Ländern, wo die Befeuchtung keine längere Unterbrechung erfährt, eine obere Schicht von humosem Löfs aus, während die braune Färbung erst in einiger Tiefe rein hervortritt. Hierzu gehört die Schwarzerde, welche im südlichen Rufsland (unter dem Namen Tschornosjom) grofse Flächen festen Gesteins unmittelbar überzieht und den reichen Weizenbau veranlafst, und aufserdem ein hervorragendes Verbreitungsgebiet in den trockeneren Teilen der indischen Halbinsel (dort Regur genannt) hat. Auch diese Modifikation wird vermutlich in weiterer Verbreitung nachgewiesen werden können. Doch ist betreffs dieser in ausgedehnten Ebenen auftretenden Bodenarten, wo das Argument der Unabhängigkeit der Ablagerung von relativen Höhenunterschieden fehlt, den vielfach vertretenen Anschauungen einer Entstehung durch Absatz aus stehenden Gewässern Rechnung zu tragen. Mangel an Schichtung allein würde kein hinreichender Beweis für äolischen Ursprung sein, da nach Passarge's Untersuchungen über die mechanische Wirkung grabender Tiere im Steppenboden die Schichtung zerstört sein könnte.

6. Einflufs von Lage und Klima auf äufsere Umgestaltungen.

Alle äufserlichen Umgestaltungen sind in hervorragender Weise von der vorhandenen Bodengestalt, von Temperatur und

Feuchtigkeit, zum Teil auch von der nach beiden Faktoren sich ändernden Vegetation abhängig. Insolation, Gesteinszersetzung, Lösung und Spaltenfrost bringen Eluvialboden und Eluvialschutt hervor; spülendes Wasser befördert die Tendenz seiner Bewegung nach abwärts; fliefsendes Wasser, bewegtes Eis und bewegte Luft sind die Bildner des Aufschüttungsbodens. Die Wirkung des fliefsenden Wassers richtet sich nach dessen Menge und nach der Bodenplastik; die erstere, d. h. die Menge und Periodizität der feuchten atmosphärischen Niederschläge, ist wiederum grofsenteils von der Plastik abhängig. Dasselbe gilt von der Wirkung des bewegten Eises, welches aufserdem als Grundbedingung einer niedrigen Temperatur an seinen Entstehungsstätten bedarf. Die Umlagerung durch bewegte Luft ist derjenigen durch die genannten Faktoren entgegengesetzt; sie vollzieht sich am stärksten von klimatisch trockenen Ausgangsstätten aus, bedarf zur Erzielung des gröfsten Massenabsatzes eines während der Jahresperiode wechselnden Feuchtigkeitsmafses in den Regionen der Ablagerung, und ist nur wenig abhängig von der Bodenplastik.

Der Reisende kommt durch Erdräume, wo diese Grundbedingungen der Umgestaltung, daher auch deren äufsere Erscheinungsweisen, verschieden sind. Grofse Kontraste grenzen oft dicht aneinander, z. B. an den beiden Flanken eines Gebirges, von denen die eine dem Einflufs regenbringender Winde ausgesetzt, die andere nur von trockenen Luftströmungen, gleichviel ob kontinentalen oder ob föhnartig niedersteigenden Seewinden, betroffen ist, wie es im grofsartigsten Mafs am Himalaja der Fall ist. Seinen bedeutendsten Ausdruck findet dieser Gegensatz in demjenigen der peripherischen und der Zentralgebiete der Kontinente, d. h. einerseits der Erdräume, welche ihre Gewässer nach dem Ozean oder einem zeitweilig binnenländisch gewordenen Zubehör desselben (Kaspisches Meer), entsenden, und in denen daher der Transport der festen Zerstörungsprodukte und der gelösten Stoffe nach diesem hin gerichtet ist; andererseits solcher Landstriche, in welchen wegen überwiegender Verdunstung den Gewässern ein Abflufs nach dem Meer nicht gestattet ist, und infolgedessen jene aus der chemischen und mechanischen Zerstörung hervorgehenden Produkte im Binnenland bleiben müssen. Abflufslose Becken, in deren tiefsten Teilen die sich sammelnden Gewässer zu Salzseen verdunsten, sind ein Grundzug in den durch Gebirge abgeschlossenen, wirklich zentral gelegenen Teilen der Kontinente; sie finden sich aber auch, bald in zusammenhängenden grofsen Strecken, bald vereinzelt, bis zu den Küsten

der Festländer, wenn Niederschlag und Verdunstung sich zum Nachteil des ersteren nicht das Gleichgewicht halten. Es ist jedoch zu bemerken, dafs eine hydrographische, die Strombecken kennzeichnende Karte nicht ein richtiges Bild geben würde. Denn es gibt grofse Gebiete von zentralem Charakter, welche (wie z. B. die Felswüsten im Stromgebiet des nach dem Meer gerichteten Colorado, oder die zum Bereich des oberen Indus und des tibetischen Sanpo gehörenden Nordabfälle des Himalaja) von grofsen, in wasserreichen Hochgebirgen entspringenden Flüssen in langen Kanälen durchzogen und nur in deren unmittelbarsten Umgebungen von ihnen in peripherischem Sinn beeinflufst werden, während es innerhalb der abflufslosen Erdräume, besonders in den höheren Teilen, Stellen gibt, wo grofse Höhendifferenzen, verbunden mit reicher Bewässerung und Entsendung der Gewässer nach tiefer gelegenen Gegenden, die Bedingungen der peripherischen Gebiete hervorrufen. Es würde von Interesse sein, Karten in diesem Sinn zu konstruieren, wobei sich neben den beiden Extremen noch manche zwischenliegende Kategorien unterscheiden lassen würden. Das Material hierzu kann von Reisenden aus verschiedenen Ländern beigebracht werden: das vorhandene würde nur unvollständige Darstellung gestatten. Für die geographische Verbreitung der Bodenarten, sowie für diejenige der Pflanzen und Tiere und, in vielen Fällen, der menschlichen Ansiedelungen würden derartige Karten Belehrung bieten.

Die Besonderheit der Erdräume von peripherischem Charakter beruht, neben ihrer allgemeineren Benetzung und ihrer üppigeren Pflanzenbekleidung, in ihrem reichen, die letztere im einzelnen beeinflussenden Wechsel der Bodenformen. Die frische, beständig von den höheren nach den tieferen Teilen transportierende, in den Gebirgstälern erodierend wirkende Kraft der Gewässer, oft verbunden mit derjenigen der Gletscher in den höchsten Teilen, strebt alles Gebirge durch tiefe Einfurchungen zu zerschneiden und an dessen Fufs aus den Trümmern ebenes Land zu schaffen; für die die Unebenheiten verhüllende Tätigkeit des Windes ist wenig Gelegenheit geboten, und wo sie doch stattfindet, werden ihre Spuren durch diejenige des spülenden und fliefsenden Wassers bald vernichtet; vor allem wird das Übermafs löslicher Salze dem Boden entzogen. — Abflufslose Gebiete sind trocken, pflanzenarm, und besitzen einfache, den Vegetationscharakter wenig beeinflussende Bodenformen. Die Berge haben die Neigung, sich in ihren eigenen Schutt zu hüllen und einförmige, gerundete Gestalt anzunehmen. Nur die höher auf-

ragenden und steileren, deren Verfall noch zurücksteht, haben häufig schroffe Formen, besonders wenn die Gipfel hoch genug sind um Gewölk reichlicher zu kondensieren. In völlig wüstem Gebirge vermag der Wind durch Korrasion auch an den tieferen Gehängen schroffe Felsgebilde zu schaffen. Es fehlt an Ebenen. Alle Hohlformen sind flach muldenförmig, wenn auch oft die Neigungen entgegengesetzter Abdachungen sehr verschieden sind. Von den Gehängen der Gebirge nach den Mulden wird meist ein allmählicher Übergang durch Schutthalden vermittelt, welche infolge seltener, aber heftiger und stark umlagernder Regengüsse entstehen. Sie dachen sich mit abnehmendem Neigungswinkel und gleichzeitig sich vermindernder Korngröfse ab. Häufig bilden sie eine mit Gräsern und Kräutern steppenartig bewachsene Zone, in welcher der Boden durch Staubniederschläge wächst. An solchen Stellen wo Wasserbäche aus hohem Gebirge kommen, eignet sich diese Zone zur Anlage von Berieselungsoasen. Von da bis zum flachen Boden der Becken findet man bald Steppe, bald Sandwüste, bald einen Wechsel von beiden. Der Boden ist durchwegs salzhaltig; da aber alles in ihn sickernde Wasser ein Gefäll nach den tiefsten Teilen hat, und auch die an der Oberfläche fliefsenden Gewässer dorthin gerichtet sind, nimmt der Salzgehalt in derselben Richtung zu und ist am gröfsten in dem Salzsee und dessen Umgebungen. Hier schlagen sich sehr feinerdig geschichtete Sedimente nieder; man kann sie dort, wo Steppengebiete durch Herstellung des Wasserabflusses nach aufsen in durchfurchtes Löfsland verwandelt werden, in den mittleren Teilen der Löfsbecken erkennen und als „See-Löfs" unterscheiden; im Gegensatz zu dem ungeschichteten Löfs besitzt er Schichtung und vermag wegen seiner geringen Wasserdurchlässigkeit Seen zu tragen. Den Salzausblühungen der Steppen, den Salzkrusten, welche die austrocknenden Seen umgeben, und den Salzmassen, welche zurückbleiben, wenn das Wasser ganz verdunstet ist, ist besonders im Westen der Vereinigten Staaten eingehendere Beobachtung gewidmet worden. Aus einigen ausgetrockneten Becken wird kohlensaures Kali, aus anderen kohlensaures Natron, oder ein Bikarbonat von Natron und Kalk, noch aus anderen Steinsalz, und aus denen des nördlichen Chile Natronsalpeter gewonnen. Nur eine grofse Reihe systematisch gesammelter Probenreihen, aus verschiedenen Becken, und ihre chemische Analyse werden, im Zusammenhang mit der Beobachtung der örtlichen Verhältnisse, über die Ursachen solcher Verschiedenheiten Licht zu verbreiten vermögen. Salze werden fortdauernd aus den zersetzten

Gesteinen zugeführt; ein grofser Teil kann in gewissen Fällen zurückgebliebenen und eingedampften Meeresresten entstammen und ein anderer Teil aus sturmbewegtem Meer durch Winde herbeigebracht werden.

Die Bewohner abflufsloser Länder sind auf nomadisierendes Leben angewiesen; doch können sie an den meist entlang dem Fufs hoher Gebirge angeordneten Stellen, wo sich Gelegenheit zur Anlage von Oasen bietet, sefshaft werden. Die Berieselung hat den Zweck der Entsalzung und Bewässerung. An solchen, ebenso wie an den von Natur bewässerten Stellen gedeiht Baumwuchs; im übrigen ist die Vegetation einförmig. Ihre Abhängigkeit vom Bodencharakter wird dadurch erwiesen, dafs ein Höhenunterschied von einigen tausend Metern ihren physiognomischen Charakter wenig verändert.

So gleichförmig diese allgemeinen Verhältnisse in verschiedenen Erdteilen wiederkehren, gestalten sie sich doch im einzelnen eigenartig in jedem besonderen Fall und bieten mancherlei Momente für die Beobachtung. Besonders sollten auch hier solche Änderungen des Charakters und der Formen des Bodens, welche auf klimatische Wandelungen deuten, untersucht werden. Lehrreich sind die Fälle, wo ein an sich abflufsloses Land von einzelnen langen Flufskanälen durchzogen wird, besonders wenn diese tief eingeschnitten sind.

7. Korallenbauten.

Nur gewisse Arten von kalkausscheidenden Korallentieren sind riffbauend. Sie sind, wie es scheint, auf die Symbiose mit lichtbedürftigen pflanzlichen Organismen angewiesen und daher auf die Tiefenzone von 0 bis höchstens 40 Meter beschränkt. Sie bedürfen reinen Salzwassers und einer hohen Temperatur (geringstes Monatsmittel nicht unter 20 ° C). Sind diese Bedingungen, zu denen Strömungen und kräftige Brandung als begünstigende Momente hinzukommen, erfüllt, und sind überhaupt Korallenstöcke angesiedelt, so kann durch fortdauernden Ansatz neuer Stöcke ein Fortwachsen des Baues in der Horizontale und, bis zur Erreichung der Meeresoberfläche, in der Vertikale stattfinden. Da die Tiefen der ersten Ansätze 40 Meter nicht überschreiten können, so sind diese auf Küstenzonen der Kontinente und Inseln und auf submarine seichte Bänke beschränkt; im ersteren Fall auf solche Stellen, welche frei von Süfswasserströmen und der Zufuhr von Schlamm sind. Je weiter die Entwickelung fortschreitet, und zu je gröfserer Ausdehnung die Bauten anwachsen, desto mehr ist das Streben nach regelmäfsiger Gestalt

in der Gesamtanordnung der Stöcke vorhanden, während der differenzierende Einfluſs der Unterlage zurücktritt. An der Seite des offenen Meeres findet infolge des nahrungsbringenden Wogenandranges ein Fortwachsen nach Breite und Höhe statt, und je mehr dieses fortschreitet, desto geringer wird der Betrag der Fortentwickelung auf der Landseite. Es waltet daher das Streben nach der Sonderung einer äuſseren Umwallung und eines flachen Binnenteiles. Die erstere wächst allmählich an einzelnen Stellen bis über die Ebbefläche des Meeres heran. Die Wellen brechen sich an ihr, erzeugen ihr entlang eine Brandung und schreiten beruhigt nach der geschützten Seite fort. Starke Strömungen begünstigen, wie beobachtet worden ist, das vertikale Wachsen und können ihm in einem vor Brandung geschützten Archipel allein zugrunde liegen. Zugleich bringen untergeordnete Strömungen kleinere Abwandlungen in den Formen hervor; dahin gehören tiefe, freie Rinnen, welche von der äuſseren nach der inneren Seite bleibende Verbindungen herstellen. Während auf der flachen Innenseite die Oberflächengestaltung örtlich sehr wechseln kann, tritt im Auſsenwall nach Maſsgabe seiner Ausbildung die Tendenz zu regelmäſsiger Anordnung des Gesamtbaues schärfer hervor. Er begleitet die Küsten, bald in gröſserem, bald in geringerem Abstand, in langen schmalen Zonen oder in leicht geschwungenen Bogen, ohne die kleinere Einzelgliederung jener zu wiederholen. Umzieht die Küste eine Insel, so schlieſsen sich die nach auſsen konvexen Kurven um diese herum und bilden einen Ring.

Diese Grundformen des Baues gestalten sich im einzelnen sehr mannigfaltig. Wo die Küste steil und klippig zu groſser Tiefe abfällt, fehlen Korallenbauten fast gänzlich, da sich kein geeigneter Grund für die erste Ansiedlung bot. Wo sie sich abflacht, finden sich die Polypenbauten ein, mit Ausnahme der Stellen, an welchen trübes Wasser oder überhaupt viel Süſswasser vom Land herabkommt. Aber häufig fehlt der nach auſsen steil abfallende Wall; flache Bauten allein breiten sich weithin aus. Ziehen sie auf dem Festland als eine Decke fort, so hat negative Verschiebung sich ereignet. Dauert diese an, so werden neue Zonen des Meeresbodens, die vorher zu tief lagen, in den Bereich der Ansiedelung der Korallentiere gebracht und der Bau schreitet als eine Überschalung des geneigten Bodens seewärts fort. Darwin gründete auf diese Verschiedenheiten in der Anordnung die Einteilung der die Küsten begleitenden und die hohen Inseln in einigem Abstand umgebenden Korallenbauten in die bekannten Kategorien der Saumriffe und Wall-

riffe. Doch sind dies extreme Ausbildungsformen desselben Typus, und man findet Zwischenstufen, bei denen man weder von der einen noch von der anderen Form reden kann.

Neuere Untersuchungen, besonders durch Semper, Murray, Guppy, Agassiz, Joh. Walther, Starkey Gardiner und Voelzkow, haben eine überraschende Zahl von Varianten eines im Wesen gleichbleibenden Grundthemas ergeben. Organogene Kalksteine, in denen Korallenstöcke sich spärlich nachweisen lassen, zerreibliche, feinerdige Kalke, die aus mikroskopischen Kalkpanzern bestehen, bilden häufig den Hauptbestandteil höher aufragender oder niederer Inseln, die von jugendlichen Korallenbauten im Meeresniveau mehr oder weniger bedeckt oder umgeben sind. Kalkabsondernde Algen treten auch in rezentem Riffkalk zuweilen als wesentlich im Aufbau ein, wenngleich sie nie die Bedeutung der Gyroporellen (einer Algengattung) in Riffkalken der Triaszeit erreichen. In den meisten Fällen scheint eine in die Tertiärzeit zurückreichende Bildungsgeschichte mit verschiedenen Phasen der Erhebung und Versenkung, des Erlöschens und des Wiedererwachens des aufbauenden tierischen Lebens zugrunde zu liegen. Der Untersuchung der in ihrer Gesamtheit als „Koralleninseln“ bezeichneten Gebilde sind dadurch neue Aufgaben erwachsen. Sie gelten dem überaus reichen tierischen und pflanzlichen Leben auf ihnen, der Rolle der durch die zerstörende Arbeit der Brandungswelle, die zermalmende Kraft der Krabbenscheeren, das Einfressen verschiedenartiger Organismen in die Kalkgehäuse und andere Vorgänge entstehenden Trümmermassen, dem Zurücktreten der organischen Struktur bei der Umwandlung in festen Kalkstein, dem Gegensatz der Lebensbedingungen in den Lagunen und an den Aufsenseiten, der Lösungsfähigkeit des Kalkes im Oberflächenwasser, und vielen anderen Fragen. Wir halten uns hier an die Gebilde, bei denen die Korallenbauten eine deutlich erkennbare hervorragende Rolles pielen.

Erwünscht sind Beobachtungen über den ersten Ansatz von Stöcken riffbauender Korallenarten auf dem Ebbestrand. Die Unterschiede von felsigem, sandigem und schlammigem Boden, von Kalkstein und anderen Gesteinen, von seichter und steiler Böschung sind dabei zu berücksichtigen. Es würde sich dann fragen, ob die Stöcke sich unmittelbar auf nicht felsigem Boden ansiedeln können, oder ob sie dort einer durch andere kalkabsondernde Tiere gebildeten Unterlage als Vermittelung bedürfen, ob Korallenschlamm an sich schon für die Ansiedelung hinreicht, welche Meerestiefen für diese günstig sind usw. Da der Riffbau wahrscheinlich in einer der

Brandungswirkung entzogenen Tiefe beginnen kann, so sollten die ersten Stadien, bis zur Erreichung der Meeresfläche, sich von den späteren in vielen Fällen durch geringere Beteiligung von Korallen- und Muschelsand (der vorwiegend in der Brandungszone gebildet wird) am Aufbau auszeichnen, und die Gehäuse der zahlreichen mit und auf den Korallen lebenden Schaltiere sollten vielfach unzertrümmert erhalten sein.

Derartige Beobachtungen können an den Saumriffen angestellt werden, welche oft den Grund nur in dünner Kruste und mit vielfacher Unterbrechung überkleiden und mancherlei Störungen und Unterbrechungen in ihrem Wachstum ausgesetzt sind. — Besondere Beachtung verdienen die auf breiten Untiefen angesiedelten, die Küste nicht umsäumenden, sondern von ihr getrennten Riffbauten, die man als Bankriffe bezeichnen kann. Man findet sie im Niveau des Meeres als unregelmäfsige Decken, die von säulenförmigen Bauten getragen werden und auch Schirmriffe genannt worden sind. Ihr Studium, nebst dem des unter der Decke verborgenen, den Lichteinflüssen entzogenen Tierlebens dürfte von Wichtigkeit zur Erklärung mancher kalkiger, an Korallen und Schaltieren reicher Einlagerungen im Flözgebirge sein. — Bei den Wallriffen begleitet der äufsere, der Brandung ausgesetzte Wall das Land zuweilen in gröfserem Abstand, kann aber auch stellenweise dicht an die Küste herantreten; bei Atollen fehlt die letztere; als ringförmig geschlossene Wallriffe krönen sie, meist in Gruppen vereinigt, Unterbauten, welche sich in der Mehrzahl der Fälle aus sehr tiefem Meeresboden mitten im Ozean erheben. Das von dem Wall allein oder von dem Wall und der Küste eingeschlossene Wasser ist ruhig und dem Bau der Korallentiere wenig günstig; doch steigen innerhalb der Becken einzelne flache und lockere, an der Oberfläche ausgeebnete Bauten, deren Existenzbedingungen in jedem einzelnen Fall untersucht werden sollten, auf. Auch gedeihen hier manche Einzelstöcke unter anscheinend günstigen Verhältnissen ungestört zu besonderer Gröfse.

Die Beobachtungen über Bau und Fortentwickelung der Riffe können die kleinsten wie die gröfsten Verhältnisse betreffen; was für das Einzelne gilt, findet leicht seine Anwendung auf das Allgemeine. Dieselben Faktoren, welche die Entwickelung des einzelnen Polypenstockes beeinflussen, werden in den meisten Fällen auf das ganze Riff bestimmend einwirken. Dies sollte der Reisende dann beherzigen, wenn ihm Gelegenheit zu erweiterter Untersuchung nicht gegeben ist. Die letztere richtet sich vor allem auf Gestalt und Struktur

des Baues in der Vertikale. Genaue Profile, besonders des äufseren Abfalls gegen das tiefe Meer, sind erforderlich, um das Wesen grofser Riffbauten zu erkennen; bei Atollen sind sie nach allen Seiten zu konstruieren, und es ist dabei das Verhältnis jeder Seite zu den Richtungen der vorherrschenden Strömungen zu beachten, da dieselben einen wesentlichen Einflufs auf die Anhäufung des Korallensandes in den Meerestiefen haben müssen. Es ist wahrscheinlich, dafs jeder aus grofser Tiefe mitten im Ozean aufsteigende und mit Atollbildung gekrönte Riffbau in einen festen Kern und eine äufsere Schutthülle zerfällt; dafs der durch die Korallen im Verein mit einer reichen Welt kalkabsondernder Tiere und Pflanzen und grofser Massen von Trümmersand aufgeführte feste Bau eine nach oben sich verbreiternde, gegen die Hauptrichtung der Strömungen und der Brandung überhängende Gestalt hat, derselbe aber von einem sehr ausgebreiteten, allmählich sich abflachenden Schuttkegel, der unter der Brandungsregion aus Trümmerblöcken, weiterhin aus Korallensand und in noch weiteren Zonen aus Korallenschlamm besteht, umgeben ist.

Ein hervorragendes Gebiet für Untersuchungen der Bildungsvorgänge bietet bei Atollen und Wallriffen der Brandungsstrand, der allerdings selten so gut entwickelt und zugänglich zu sein scheint, wie Dana ihn fand. Es ist an dieser Stätte auf den Anteil der den Bau wesentlich verfestigenden und besonders am Saum sich ansiedelnden Kalkalgen zu achten; ferner auf die Entwickelung der kalkabsondernden Organismen mit Rücksicht auf die Höhe ihres Wachstums über der Ebbe; auf die Funktionen einzelner unter ihnen bezüglich der Zertrümmerung der Gehäuse anderer; auf die zerstörende Kraft der Brandung, und die Art wie sie Anhäufungen grober Blöcke durch steten Stofs nach aufwärts schafft, während das feine Material alle Zwischenräume erfüllt, in Massen nach dem Meer hinausgeführt, oder durch den Wind nach der Blockanhäufung geweht wird; auf die Zementierung von Sand mit Blöcken durch Regenwasser und die dadurch herbeigeführte Entstehung des bewohnbaren übermeerischen Teils flacher Koralleninseln.

Von den Beobachtungen über gegenwärtige Verhältnisse sind diejenigen zu trennen, welche sich auf die allgemeinere Entwickelungsgeschichte der Riffbauten beziehen. Da das Leben der in Betracht kommenden Arten von Polypen, und damit zugleich der gesamten auf sie angewiesenen Welt von Organismen, von einer gewissen Summe von Bedingungen abhängt und sofort erlischt, wenn eine von ihnen in un-

günstigem Sinn sich ändert, so kann ein Bau leicht stellenweise oder in seiner Gesamtheit zum Stillstand kommen. Eine geringe Abnahme der Temperatur, die Überführung mit Schlamm oder vulkanischen Auswürflingen, das Zuströmen süfsen Wassers, die Trockenlegung werden die Korallentiere eines ganzen Riffes sofort an der Oberfläche töten, während andere Tiere fortleben können. Ein Stillstand mufs aber auch dann eintreten, wenn die günstigen Bedingungen unverändert fortdauern. Denn wenn der Bau die Oberfläche des Meeres erreicht hat, so kann zwar bei seichtem Meer noch ein weiteres seitliches Fortwachsen stattfinden; aber bei tiefem Meer ist dieses, ebenso wie das Fortwachsen nach der Höhe, über eine enge Grenze hinaus unmöglich. Es bedarf daher zur steten oder periodischen Weiterentwickelung durch lange Zeiträume einer steten oder periodischen Erneuerung der günstigen Bedingungen, insbesondere der Wiederherstellung günstiger Wassertiefe. Wird ein Riff gehoben, oder zieht das Meer sich zurück, so kann ein Ansatz neuer Bauten nach der Breite geschehen, indem an den Flanken des alten Riffes ein erneuter Aufbau in der jedesmaligen günstigen Tiefenzone stattfindet. Senkt sich der Meeresboden, und mit ihm das Riff, oder steigt die Meeresfläche, so wird über dem Gipfel des Riffes ein neuer Spielraum zum Fortbau bis zur neuen Oberfläche geschaffen. Ist ein Riff hoch über das Meer erhoben, und senkt es sich dann wieder allmählich in dasselbe hinab, so wird diese Senkung von einer Abrasion durch die Brandungswelle begleitet sein, und über dem abgenagten Rumpf werden die Polypen, wenn sonst noch die günstigen Bedingungen vorhanden sind, sofort ein neues Riff bauen können. So wird der Wechsel im relativen Niveau der Meeresfläche die Geschichte eines in hinreichend warmem Meer gelegenen Riffes in verschiedenster Weise beeinflussen. Dem Bau kann in seinem ersten oder in späteren Stadien ein Ende bereitet worden sein; es könnte aber auch, theoretisch, ein Riff die Mächtigkeit von mehreren tausend Metern erreichen. Scharfsinnige Schlufsfolgerung auf Grund sorgsamer, in einer gröfseren Gruppe von Korallenbauten ausgeführter vergleichender Untersuchungen wird einzelne Phasen dieser Geschichte, welche mit denen der Geschichte gröfsererer Erdräume zusammenfallen, ergründen können. Besonderer Erforschung nach dieser Richtung sind aber die bis auf ihre Unterlage trockengelegten Korallenbauten wert, vorzüglich wenn es gelingen sollte, ein solches zu finden, welches durch Erosion bis auf den Grund aufgeschlossen ist. Gehobene Korallenriffe haben in der Regel den Charakter eines aufserordentlich höhlenreichen, an den

Decken der Hohlräume mit Stalaktiten besetzten Kalksteins; zuweilen aber ist dieser vollkommen dicht und macht die sichere Erkennung seiner Natur schwierig. Häufiger und deutlicher gekennzeichnet findet man den in grofsen Massen abgelagerten, meist zementierten Korallensand.

Erwünscht sind Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Riffkalkes, das Verhältnis des Magnesiumbicarbonats zum Calciumbicarbonat bei frischen, bei abgestorbenen und bei fossilen Riffen, das Vorkommen von Phosphorsäure, Eisen und anderen Stoffen. Bei der Lösung von Riffkalk in Salzsäure bleibt unlösbarer Rückstand. Neuere Beobachtungen haben gezeigt, das dieser bei Saumriffen bedeutend sein kann und innerhalb weiterer Grenzen schwankt, bei landfern aufgewachsenen Riffen aber niemals mehr als ein Prozent beträgt. Die Anwendung dieses Ergebnisses auf die Untersuchung von Kalksteinen verschiedenen geologischen Alters hat sich als bemerkenswert für die Beurteilung ihres Riffcharakters ergeben.

8. Umgestaltung an Meeresküsten.

Die den offenen Ozeanen zugewendeten Küsten sind diejenigen Stätten der Erdoberfläche, an denen infolge ununterbrochenen intensiven Wirkens mechanischer Kräfte die augenfälligste und beständigste Summe von örtlicher Arbeit ausgeführt wird. Die Welle trägt die Kraft des Windes, gleichsam in konzentrierter Form, nach fernen Teilen des Meeres, und wenn sie an der Küste anschlägt, wird ein grofser Teil dieser Kraft in Arbeit umgesetzt; ein Teil verzehrt sich in Reibung, besonders wenn die Welle auf Sand aufläuft, oder in Emporschleudern des Wassers, wenn sie an eine Felswand anprallt. Je mehr der volle Stofs auf gelockertes Material, z. B. Felsblöcke, trifft, ein desto gröfserer Teil der Arbeit kann auf Bewegung, Erschütterung und Zertrümmerung der Gesteinsmassen verwandt werden. Die Brandungswelle schleudert den Trümmersand zerstörend gegen Blöcke und festen Fels; ihre Wirkung ist am gröfsten, wenn sich ihr am Fufs einer hohen Felswand weiche Gesteine zum Aushöhlen oder senkrechte Klüfte zum Einfressen bieten. Dann wird in erstere eine horizontale Hohlkehle geschnitten; das darüber lagernde Gestein stürzt herab, und seine Blöcke werden von der brandenden Welle sofort behufs weiterer Zertrümmerung in Angriff genommen; die Klüfte aber werden in enge Gassen verwandelt, die weit in das Gestein einschneiden. Mit den Gezeiten verschiebt sich die Angriffslinie innerhalb

gewisser Grenzen, welche nach unten bis unter das Ebbeniveau reichen, weil auch dort noch mechanische Arbeit ausgeübt wird, und nach oben über das Flutniveau hinausgehen, weil die Brandung, besonders bei Sturmwellen, in gröfseren Höhen anschlägt. Der Haupteffekt besteht darin, dafs die Brandungswelle sich eine schief ansteigende Fläche, den Strand, schafft, auf der sie bequem aufrollen kann. Es ist oft an gebirgigen Küsten leicht zu erkennen, dafs der Strand an Stelle eines Felsbaues getreten ist, welcher einst dessen Fläche weit überragte. Am oberen Ende verraten die Strukturlinien im Steilabbruch des Kliffs, dafs das Gestein ehemals in ähnlicher Höhe meerwärts fortsetzte. Der Strand sollte daher eine abgeschliffene Felsfläche sein. In der Regel aber findet man ihn sandig. Man darf in solchen Fällen die Felsfläche sicher unter der Sanddecke erwarten; dies ist schwer nachzuweisen; doch kann es mit Hilfe aufragender härterer Felsteile gelingen. Um so mehr Interesse haben die selteneren Fälle, wo eine Sanddecke nicht vorhanden ist, sondern die Brandungswelle wirklich auf einen kahlen felsigen Strand aufläuft. Wenn dieser steilstehende Schichtgesteine durchschneidet, ragen die Enden der härteren unter ihnen leistenförmig auf.

Der Strand und die Arbeit auf ihm — besonders das Aufwärtstreiben der gröberen und gröbsten Gesteinsstücke, ihre fortschreitende Zertrümmerung, die Mitwirkung des organischen Lebens an der Zerstörung, oder die erhaltende Wirkung, welche einzelne Organismen, besonders gewisse Algen, durch Herstellung einer schlüpfrigen Oberfläche verursachen, die periodische Änderung in der Verteilung der losen Massen, besonders nach heftigen Stürmen, die Wirkungsart der Welle auf Wände festen Gesteins, zumal wenn dieselben grofse Höhe haben — bieten leicht erreichbare Beobachtungsobjekte. Die Untersuchung gewährt überall Interesse; doch wird dieses an solchen Küsten gesteigert, an welchen stark gestörtes Schichtgebirge quer endet, weil sich dann der Brandungswelle eine grofse Mannigfaltigkeit in der Angriffsfähigkeit der in schneller Folge wechselnden härteren und weicheren Gesteine darbietet, und der Strand demgemäfs reich eingebuchtete, die Tätigkeit der Brandung abermals in verschiedener Weise beeinflussende Gestalten annimmt. Auch Granite und Porphyre zeichnen sich an der Brandungsküste durch abenteuerliche Formgebilde aus.

Vertrautheit mit den Eigenschaften des Strandes befähigt zur Erkennung alter Strandlinien, wenn sie in gewissen Höhen über der gegenwärtigen an den Gehängen oder weiter

im Inneren des Landes hinziehen. Wenn nämlich der Stand des Meeres, nachdem die Brandungswelle einen Strand ausgearbeitet hat, relativ erniedrigt wird, so bleibt die frühere Strandfläche bestehen, bis ihre Spuren durch die atmosphärischen Agentien vernichtet werden, und es wird eine neue in tieferem Niveau geschaffen. So können oft mehrere über einander liegen. Es sollten dann genaue Messungen der vertikalen Abstände ausgeführt werden. Insbesondere ist zu beachten, ob die alten Strandlinien einander und der gegenwärtigen Meeresfläche genau parallel sind, oder ob wenigstens eine von ihnen gegen das Innere des Landes hin ansteigt.

Wenn, umgekehrt, das Meer infolge positiver Strandlinienverschiebung gegen das Land vordringt, so erweitert sich die Strandfläche, entweder ebenmäfsig oder in Staffelabsätzen, nach dem Inneren; es entsteht die früher (S. 247 und 257) dargestellte Abrasionsfläche, welche an die Stelle gewaltiger Gebirge treten und von deren Schutt in mächtigen Schichten überlagert werden kann.

Einen anderen Gegenstand der Beobachtung bildet das Wandern des losen Materials entlang der Küste. Dies geschieht zunächst durch das Auflaufen der Wellen unter schiefem Winkel, wodurch die einzelnen festen Teile bei dem jedesmaligen Schieben strandaufwärts einen seitlichen Stofs erleiden, um dann rechtwinklig zur Strandlinie wieder abwärts zu gleiten. Die gröfsten Stücke werden am stärksten geschoben und gelangen schliefslich über den Bereich des Brandungsstofses hinaus. Es werden dadurch Schuttwälle vor Einbuchtungen der Küste geschoben. Die Richtung der Bewegung der losen Massen entspricht der vorherrschenden Windrichtung. Ein zweites Agens sind die Strömungen, welche das feinere Material, das ihnen in Gestalt von feinem Sand und Schlamm überliefert wird, der allgemeinen Richtung der Küste entlang transportieren und in Gestalt von flachen, ihr parallelen Bänken ablagern; sie sind ebenfalls bemüht, diese vor die Einbuchtungen zu schieben. Durch beide Agentien werden daher an Stelle unruhiger Küstenlinien einfache glatte Umrifsformen geschaffen. Die Buchten können ganz abgedämmt und in abgeschlossene Wasserbecken verwandelt werden. Sand- und Schlammbänke, welche in den Tropen durch Mangrovevegetation verfestigt werden, lenken die Flüsse nach der gleichen Richtung ab und geben Anlafs zur Entstehung von Küstenlagunen. Es gibt selten eine Küste, wo nicht derartige Erscheinungen in irgendeiner Form wahrgenommen werden

können. Besonders machen sie sich an solchen Stellen geltend, wo durch Ströme grofse Massen von Sedimenten dem Meere zugetragen werden. Ist die Mündung breit, so werden ihr Bänke vorgeschoben, welche ein ruhiges Wasserbecken absondern, in dem zunächst der Absatz der Sedimente ein Delta schafft. Weiterhin werden diese in das Meer getragen und von der Strömung, entweder nur nach einer Richtung oder abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen, unter denen aber eine vorherrscht, der Küste entlang transportiert. Dann ist letztere abseits der Flufsmündung oft steil, felsig und klippig an der Seite, von der die herrschende Strömung kommt, dagegen versandet, seicht und mit Lagunen besetzt an der, nach welcher sie hin gerichtet ist.

Dies leitet zur Beobachtung der Gestalt der Küstenlinien im allgemeinen und zur Untersuchung der Ursachen, welche ihr in jedem einzelnen Fall zugrunde liegen. Die Flachküste, welche fast stets sandig ist, kann in der teilweisen Wasserbedeckung eines in das Meer sich herabsenkenden Flachlandes, oder in der obenerwähnten Aufschüttung von Sand und Schlamm vor einer beliebig gestalteten Küste beruhen, oder sie kann dadurch gebildet werden, dafs das Meer sich auf der mit transgredierenden Sandmassen bedeckten Abrasionsfläche zurückzieht; dann wird man binnenwärts die Felsabbrüche finden, bis zu denen die Brandungswelle bei höherem Meeresstand ihre zerstörende Wirkung ausgeübt hat. Felsküsten werden die Art ihrer Ausgestaltung in der Regel wenigstens zum Teil dem letztgenannten Agens verdanken. Die tieferen Gründe, weshalb ein Kontinent oder eine Insel nach einer bestimmten Richtung mit einem über das Meer emporragenden Felsbau endigt, sind schwierig zu erforschen und lassen sich selbst nach genauer geologischer Untersuchung häufig nur ahnen. Der Reisende sollte aufser der Morphographie von Festland und Meeresboden die innere Struktur des Küstengebietes untersuchen. — Beachtung verdienen die tief in das Land einschneidenden Küsteneinbuchtungen. Als feste Regel ist anzusehen, dafs jede ausgedehntere, im Festland eingeschnittene, gegen das Meer gerichtete kanalartige Hohlform, deren Boden erheblich tiefer als die Meeresfläche liegt, besonders wenn Inseln vorliegen oder der Lauf gewunden ist, niemals durch die Kräfte des Meeres, sondern allein durch die auf dem Festland wirksamen gegraben worden sein kann, und dafs zur Zeit ihrer Bildung der Meeresstand nicht höher war als der Boden der Hohlform. Dies ist wichtig für das Verständnis der verschiedenen Typen gebuchteter Küsten, für

deren methodologische Charakterisierung ein erster Versuch im „Führer“ gemacht wurde. Es gehören dahin z. B. die Fjordküsten, Riasküsten, Limanküsten und die schmalen Einschnitte in Felsküsten, hinter denen sich seenartige Erweiterungen befinden. In allen diesen Fällen sind die Rinnen durch die Gewässer des Festlandes gegraben und zum Teil durch Eiswirkung weiter ausgehöhlt worden. In Ermangelung einer befriedigenden systematischen Einteilung aller vorkommenden Formen möge hier auf die genannte Quelle trotz ihrer Unvollständigkeit hingewiesen werden.

9. Änderung der Grenzen zwischen Land und Meer.

Schon das Vorschieben der Sandbänke und der zuletzt ausgeführte Gesichtspunkt betreffen Grenzveränderungen. Die wichtigeren sind diejenigen, welche auf Schwankungen in dem vertikalen Verhältnis zwischen Festland und Meeresfläche beruhen und früher als Hebungen und Senkungen des Festlandes bezeichnet wurden. Mit Rücksicht auf die Möglichkeit, dafs Schwankungen des Meeresspiegels den Erscheinungen zugrunde liegen können, sind die neutralen Ausdrücke: „positive und negative Strandverschiebung“ (d. h. Vordringen und Rückzug des Meeres) eingeführt worden. Diese Änderungen sind von grofser Bedeutung für die Geschichte der Erdoberfläche in den jüngsten Zeiten, für die Ausgestaltung der jetzigen Festlandsumrisse, die Verbreitung von Pflanzen und Tieren und für biologische Anpassungen gewesen. Ihre Kenntnis ist mangelhaft, weil die Angaben vielfach auf oberflächlicher und unzureichender Beobachtung, oder auch auf unrichtiger Schlufsfolgerung aus richtiger Beobachtung beruhen. Der Reisende kann sich durch zuverlässige Untersuchungen auf diesem Gebiet, welche häufig in seinen Bereich fallen, Verdienste erwerben. Eine Zusammenstellung der wichtigeren Kennzeichen der Strandverschiebung in dem einen und dem anderen Sinn dürfte daher gerechtfertigt erscheinen.

a) **Kennzeichen einer negativen Verschiebung der Strandlinie** (Rückzug des Meeres oder Hebung des Landes). — Wenn man Spuren der ehemaligen Anwesenheit des Meeres in einem höher als die jetzige Küste gelegenen Niveau findet, so hat man anzunehmen, dafs entweder das Meer sich zurückgezogen, oder das Land sich gehoben, oder beides stattgefunden hat. Es mufs indessen sorgfältig zwischen den Anzeichen, dafs

das Meer überhaupt irgend einmal in höherem Niveau gestanden hat, und den Beweisen für ein Fortsetzen der negativen Verschiebung innerhalb der historischen und der gegenwärtigen Zeit unterschieden werden. Denn im ersteren Fall stellt der vertikale Unterschied zwischen dem ehemaligen und dem jetzigen Meeresstand nur die Resultante aus allen Verschiebungen dar, welche in der Zeit zwischen dem einen und dem anderen stattgefunden haben. Diese Verschiebungen können einen oszillierenden Charakter gehabt haben, d. h. bald negativ, bald positiv gewesen sein; sicher ist nur, dafs der Ausschlag in ersterem Sinn erfolgt ist. Zu den allgemeinen Kennzeichen gehören:

1. Das Vorhandensein alter Strandterrassen, von deren Bildung oben (S. 352) die Rede war. Am deutlichsten sind sie an hochaufragenden Felsküsten, besonders bei leichter Schneebedeckung. Zuweilen kennzeichnet sich der ehemalige Strand durch Reste der an ihm angehäuften Tange oder Muscheln, durch Balanen, die noch dem Fels ansitzen, oder durch Löcher von Bohrmuscheln. Auf sandigem Flachboden sind Strandterrassen in der Regel nicht ausgebildet; in weichem Gestein haben äufsere Agentien häufig ihre Spur vertilgt. Aber die frühere Anwesenheit des Meeres in einer gewissen Höhe macht sich auch im Flachland durch Ansammlung von Treibholz, durch Anhäufung von Gesteinsstücken, die von einem ehemaligen Strandwall oder von gestrandeten Eisbergen herrühren können, durch Knochen von Walrossen und andere Merkmale kenntlich. — 2. Wo Flüsse an einer Steilküste des Meeres, oder an den Wänden einer tiefen Bucht, oder in tiefen Binnenseen münden, lagern sie Schuttkegel ab, auf deren Höhe sich das fliefsende Gewässer deltaartig ausbreitet. Zieht das Meer sich zurück, oder erniedrigt sich der Spiegel eines Landsees, so schneidet der Flufs einen Kanal in den alten Schuttkegel und wirft, sobald ein stationärer Zustand eintritt, einen neuen Schuttkegel in tieferer Lage auf. In dieser Weise können mehrere Schuttkegelterrassen auf einander folgen. Sie geben im Inneren von Fjorden eine erwünschte Ergänzung zu den in den äufseren Teilen vorhandenen Brandungsterrassen. Die erwähnten Marken von Balanen und Bohrmuscheln können einen Anhalt für die Verfolgung der Linie des alten Meeresstandes in den Zwischenräumen gewähren. Diese Art von Terrassen hat noch gröfsere Bedeutung an den Umrandungen ehemaliger Binnenseen und Binnenmeere, besonders wenn diese abflufslos waren und eingedampft sind. Wichtige Abschnitte der physischen Geschichte der grofsen zentralasiatischen Becken werden sich an ihrer Hand ergründen lassen. Ein Muster für diese Untersuchungen geben die an den alten Seebecken des Great Basin von G. K. Gilbert und Anderen ausgeführten Arbeiten. — 3. Ähnliche, aber weit ausgedehntere Stufenbildungen können dort hervorgebracht werden, wo an den Küsten des offenen Ozeans Sedimente durch Meeresströmungen in grofser Breite dem Land angesetzt worden sind und das Meer sich nach einem tieferen Niveau zurückgezogen hat. Solche Sandterrassen und

Schlammterrassen sollten gewöhnlich Reste mariner Tiere und Pflanzen enthalten. Doch mufs man sich hier hüten, die durch das Setzen der weichen Sedimente veranlafsten Stufen damit zu verwechseln. — 4. Korallenbänke und Korallenriffe, bei denen nicht nur der bedeckende Trümmersand, sondern anstehender Riffkalk über das Niveau der höchsten Flut aufragen, waren früher vom Meer bedeckt. Die Messung des Betrages der negativen Strandverschiebung kann von Wert sein, wenn sie in einem gröfseren Gebiet mehrfach ausgeführt wird. — 5. Sichere Kennzeichen bei Flachküsten sind ferner: Dünenreihen, welche den Stranddünen mehr oder weniger parallel gerichtet und in einigem Abstand von ihnen binnenwärts gelegen sind; sodann Austernbänke, Muschelbänke und Ansammlungen von Schaltierresten überhaupt. Doch ist betreffs letzterer Vorsicht erforderlich. Sturmfluten können Muschelreste und Tange der Küste weit in ein flaches Land hinein, bis zu beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel, versetzen, und das gleiche wird zweiffellos durch Erdbebenfluten in noch höherem Mafs bewirkt. Schaltiergehäuse werden auch in vielen Fällen durch Menschenhand landeinwärts verschleppt. Man kann diesen Ursprung erkennen, wo gröfsere Ansammlungen durch Verwendung zum Kalkbrennen oder zu Mahlzeiten (wie bei den Kjökkenmöddinger) übriggeblieben sind, oder wo muschelhaltiger Meeresschlamm auf die Felder geführt wird. — 6. Starker Gehalt an Kochsalz und anderen Meeressalzen in dem der Küste zunächst gelegenen Schwemmland deutet darauf, dafs dieses in nicht weit zurückliegender Zeit Meeresboden gewesen ist. Analog verhält es sich betreffs der Umrandung salziger Binnenseen. — 7. Gute Argumente sind den allgemeinen morphographischen Verhältnissen der Küstenländer zu entnehmen. Wo z. B. klippige Felsabstürze, die den Charakter von Strandkliffs haben, durch einen sandigen oder felsigen Flachlandstreif von der äufsersten Grenzlinie der Brandungswirkung getrennt werden, hat man anzunehmen, dafs Abrasion die Fläche geschaffen und mit Sedimenten bedeckt hat und dann ein Rückzug des Meeres erfolgt ist. — 8. Die bisher genannten Kennzeichen sind allgemeiner Art. Es ist auch zu untersuchen, ob negative Strandverschiebung in historischer Zeit, oder überhaupt seit dem Dasein des Menschen in der betreffenden Gegend, geschehen ist, und ob sie sich gegenwärtig vollzieht. Ersteres wird sich erweisen lassen, wo man neben den sonstigen Kennzeichen eines binnenländisch gelegenen alten Strandes Schiffstrümmer oder seemännische Werkzeuge und Geräte ausgeworfen findet, oder wo in einer den gegenwärtigen praktischen Gebrauch ausschliefsenden Höhe über dem Meeresspiegel Haken und Ringe zum Befestigen von Schiffen angebracht sind oder Hafenbauten sich befinden. — 9. Ob die negative Verschiebung noch fortdauert, wird man zunächst durch Erkunden bei den Bewohnern zu erfahren suchen. Wo sie stattfindet, wissen sie von der Trockenlegung ehemaliger Ankerplätze, von dem Bestehen von Feldern und Wiesen an Stelle vormaliger Fischereiplätze, von dem Landfestwerden von Felsriffen usw. zu erzählen. Leuchttürme rücken landeinwärts, und ehemalige Hafenstädte werden durch Flächen von Sand und Schlamm vom Meer getrennt. Noch gröfsere Sicherheit erhält man, wo man alte Aufzeichnungen und Chroniken zu Rate ziehen kann. Doch mufs man sich in allen diesen Fällen vor vorschnellen Folgerungen hüten und genau

untersuchen, ob die Ursache des Landzuwachses wirklich in einer Änderung des Vertikalverhältnisses von Land und Meer und nicht vielmehr in der Anschwemmung fester Stoffe durch die vereinigte Tätigkeit von Flüssen und Meer liegt, wie in dem Fall der friaulisch-venezianischen Küste des Adriatischen Meeres. — 10. Die Gestalt der Küstenlinie und der Flufsmündungen vermag besonders wichtigen Aufschlufs über die Art der gegenwärtigen Bewegung zu geben. Wenn man sich vergegenwärtigt, dafs überall, wo seichter Meeresboden und flaches Festland aus beweglichem Material bestehen, die an dem ersteren wirkenden Agentien auf ebenflächige Ausbreitung, die auf dem Festland tätigen dagegen auf Differenzierung der Bodengestalt hinwirken, so ist es klar, dafs die Küstenlinie des sich zurückziehenden Meeres einfache, diejenige des vordringenden Meeres komplexe Formen anzunehmen bestrebt sein wird; ähnlich wie ein vom Wind bewegter Tümpel, der sich durch einströmendes Wasser in einem von Wagenspuren durchfurchten Boden bildet, bei dem Vordringen in alle Furchen eingreift, beim Zurückweichen aber wegen der inzwischen erfolgten Umlagerung von einfachen Linien umrandet wird. Indessen ist die Analogie unvollkommen, insofern der flache Meeresboden wellige Erhöhungen hat, die bei dem Rückzug zu Sandbänken und Inseln gestaltet und nachher nicht selten durch eine schmale Landzunge mit dem Land vereinigt werden. Solche Sand- oder Schlammwellen pflegen langgedehnt und der Küste parallel zu sein und sind dadurch kenntlich. Die Unebenheiten des Landes hingegen sind, der Richtung der abfliefsenden Gewässer entsprechend, in der Regel ungefähr rechtwinklig zur Küstenlinie gerichtet; daher greift das Meer in entsprechend gestalteten schmalen Buchten ein. Wo aber keine fliefsenden Gewässer vorhanden sind und der Wind die Unebenheiten veranlafst hat, können diese (z. B. die Dünen) ebenfalls langgedehnte, der Küste parallele Formen haben. Es ist daher dieses Moment mit Vorsicht anzuwenden, und es sollte gleichzeitig auf andere Merkmale geachtet werden. Betreffs der Flufsmündungen gibt es ziemlich sichere Kennzeichen für positive, weniger zuverlässige für negative Verschiebung.

b) **Kennzeichen positiver Strandverschiebung.** — Insoweit sich die Untersuchung auf die Tätigkeit des brandenden Meeres gründet, ist positive Strandlinienverschiebung schwierig wahrnehmbar, oder doch nur auf Stätten der in jüngster Vergangenheit stattgehabten Meeresarbeit beschränkt, da die Spuren der früheren unter dem Meer verborgen liegen. Es kommt daher darauf an, aus möglichst vielen anderen Beobachtungen Argumente abzuleiten, welche zu der gleichen Schlufsfolgerung führen.

1. An manchen Küsten ist die historische Überlieferung reich an Tatsachen, welche für ein Vordringen des Meeres sprechen. Bauwerke und ganze Ortschaften sind versunken, ihre Reste zuweilen noch unter dem Wasser erkennbar, ebenso wie die Baumkronen untergetauchter Wälder. Die Bewohner, oder Chroniken aus älterer Zeit, berichten von dem Verschwinden von Wiesen und Feldern unter dem Meerwasser. Es ist jedoch hierbei, wie die kritische Sichtung des Materials bezüglich des vermeint-

lich fortschreitendeu Sinkens der Nord- und Ostseeküsten ergeben hat, dreierlei zu prüfen: erstens die Glaubwürdigkeit der Überlieferung in solchen Fällen, wo sie durch Beobachtung nicht gestützt wird; dann die Frage, ob das Vordringen des Meeres nicht bloſs eine Folge der ohne Niveauveränderung stattgehabten Küstenzerstörung, z. B. durch Sturmfluten, ist; und endlich, ob nicht die Erscheinung, falls die Tatsachen sich als richtig erweisen, nur ein örtlich beschränktes Phänomen ist. Es kann beispielsweise an Fluſsanschwemmungen und Deltagebilde gebunden, von den Erscheinungen an benachbarten Felsküsten, welche vielleicht die umgekehrte Verschiebung zeigen, durchaus unabhängig und allein durch das Zusammensinken der lockeren Sedimentmassen bewirkt sein. In diesem Fall sind die einschlägigen Erscheinungen sorgfältig zu sammeln; aber man muſs sich hüten, die angrenzenden Küstenstriche als „Senkungsküsten" zu bezeichnen, ehe sie als solche erwiesen sind. — 2. Andere, anscheinend sichere Kennzeichen beziehen sich auf gröſsere Tiefen unter der Oberfläche, indem man bei Brunnengrabungen und anderen Erdarbeiten in einem unter dem Meeresspiegel gelegenen Niveau auf menschliche Artefakte und Bauwerke, auf Torfmoore oder auf Schichten mit Landschnecken, Knochen von Landsäugetieren und Resten von Landpflanzen stöſst. Da sich indeſs auch diese Funde auf das Schwemmland beschränken, so ist ihr Wert ebenso bedingt wie derjenige der vorher genannten Beobachtungen. An einer Küste, an welcher Brandungswirkung stattfindet, können solche Reste sich nur in den durch Versenkung in tiefere Lage gekommenen Sedimenten der Flüsse befinden, weil die allmählich vordringende Brandungswelle sie zerstören würde. Beweise für eine positive Verschiebung der Strandlinie können sie daher nur dann bieten, wenn die Fundstellen in geschützten Buchten oder in brandungslosen Meeresteilen liegen, und auch dann kann die genannte Schluſsfolgerung in einiger Allgemeinheit nur gezogen werden, wenn alle an vielen Orten gesammelte Tatsachen auf eine gleichartige Verschiebung entlang einer ausgedehnten Küste sprechen. — 3. Gröſsere und allgemeinere Beweiskraft ist der vorsichtigen Anwendung morphographischer Merkmale beizumessen. Es wurde eben erwähnt, wie die feine Gliederung einer Flachküste auf positive Verschiebung hindeutet, indem das Meer zwischen die kleinen ausspringenden Teile in Buchten eingreift und Flachgründe hinter natürlichen Aufdämmungen überflutet. — 4. Wo die Brandungswelle an einer Felsküste arbeitet und über dem Niveau der Flut eine vormalige Einwirkung nicht erkennbar ist, wird entweder ein stationärer Zustand oder eine positive Verschiebung anzunehmen sein. In letzterem Fall werden die Felsabstürze in steilen Kliffs abgebrochen, im ersten in der Regel durch äuſsere Einflüsse bis zum Flutniveau abgeflacht oder abgedacht sein. Die Annahme fortdauernder positiver Verschiebung gewinnt an Sicherheit, wenn ein zur Flutzeit bedeckter Abrasionsstrand dem Kliff vorliegt. An Küsten, welche an Buchten und Inseln reich sind, wird stellenweise die Abrasion verhindert. Wenn sich dann Schlammbänke ausbreiten, die zur Flutzeit gerade vom Wasser bedeckt, zur Ebbezeit trockengelegt werden, so hat man es sicherlich mit einer noch obwaltenden positiven Verschiebung zu tun; denn der geringste Rückzug des Meeres würde die höheren Teile der Bänke trockenlegen, ein Stillstand Teil-

verlandung mit Dünenbildung veranlassen. — 5. Den sichersten Anhalt geben die Flufsmündungen. Ihre Kanäle sind nicht durch das Meer, sondern durch die Flüsse gegraben. Sind sie vom Meer ausgefüllt, so hat daher dieses durch Vordringen Besitz von ihnen genommen. Nach dem Mafs, in welchem dies geschehen ist, wird sich die Gröfse des Betrages ermessen lassen, welchen die positive Verschiebung seit der Zeit des Aushöhlens der Mündungskanäle insgesamt, als Ergebnis aus allen positiven und negativen Bewegungen, erreicht hat. Von diesem Gesichtspunkt können spitz oder schlauchförmig gebuchtete Küsten als solche bezeichnet werden, an welchen eine positive Strandverschiebung stattgehabt hat. Es schliefsen sich daran in zweiter Linie Beobachtungen zum Zweck der Festsetzung, ob nicht in den jüngsten Epochen die Bewegung vorherrschend eine entgegengesetzte gewesen ist, wie es bei fast allen Fjordküsten der Fall zu sein scheint. Wo Flüsse eine einfache Deltamündung haben, ist innerhalb der letzteren häufig ein Vordringen des Meeres nachweisbar, welches, wie gesagt, durch Zusammensinken der Sedimente erklärbar sein kann, während von den angrenzenden Küstenstrecken das Meer zurückweicht. Wie aber durch diesen Vorgang die Deltabildung nicht ausgeschlossen ist, so findet sie auch an solchen Küsten statt, bei welchen positive Verschiebung in gröfserer Ausdehnung sich vollzieht, vorausgesetzt, dafs die Bedeckung der untergetauchten Teile mit Sedimenten mindestens dem Sinken das Gleichgewicht hält. Es kann aber jene bei sedimentreichen Flüssen noch schneller geschehen, als dieses, und dadurch trotz des Sinkens ein stetiges Anwachsen der Sedimentfläche, falls die Strömungen sie gestatten, stattfinden. — 6. Das Fortwachsen der Korallenbauten nach oben darf an solchen Stellen, wo diese aus tiefem Meer sich erheben, als ein Beweis für das Sinken des Erdrindenteils oder das Ansteigen des Meeres betrachtet werden.

10. Umgestaltungen im Binnenland.

Alles was in vorhergehenden Abschnitten über physischgeographische und geologische Vorgänge im allgemeinen gesagt worden ist, bezieht sich auf Gestaltung und Umgestaltung der Formgebilde der Festländer. Im Anschlufs an die Betrachtung der Beobachtungen über Änderungen an Küsten ist es aber zweckmäfsig, noch einmal die Summe von jugendlichen Änderungen ins Auge zu fassen, welche das Antlitz der einzelnen Landschaften der Erde bestimmt haben; denn mit dem genetischen Verständnis für die Formgebilde wird auch eine Unterlage für die Erkenntnis der für die Physiognomik der Vegetation, für die Verbreitung der Arten von Pflanzen und Tieren, für Siedelung und Verkehr der Menschen und für die wirtschaftlichen Verhältnisse im allgemeinen mafsgebenden Bedingungen gewonnen. Die Summe der jugendlichen Änderungen ist allerdings ein relativer Begriff. Denn einerseits

sind die Gesichtspunkte, unter denen sie betrachtet werden können, fortdauernder Wandlung unterworfen; es treten neue, vorher gänzlich unbeachtete, von Zeit zu Zeit auf, und weitere werden auch fortan hinzukommen. Der Begriff ist somit in jedem Zeitpunkt ein anderer als vorher, und die Erörterung würde daher selbst dann lückenhaft werden, wenn sie allen zurzeit mafsgebenden Anschauungen Rechnung trüge. Andererseits hat der Begriff „jugendlich“ eine andere Bedeutung für jeden einzelnen Erdraum. Es handelt sich um die letzten, die Grundzüge der Bodengestalt bestimmenden Vorgänge. In manchem Erdraum gehören diese der jüngsten Zeit der Erdgeschichte an und vollziehen sich, ebenso wie an vielen Küsten, unter unseren Augen; in anderen, wie besonders in grofsen Gebieten der Südkontinente, liegen sie weit zurück. Es gibt nach diesem Gesichtspunkt jugendliche Erdräume und Erdstellen, welche sich in der Regel durch aufserordentlich lebensvollen Formenwechsel und frisches Eingreifen äufserer Agentien auszeichnen; und es gibt greisenhaft verfallene, wo seit langen Zeiträumen nur Auflösung ehemaliger Mannigfaltigkeit in weitausgedehnte einförmige Landschaftsgebilde der Grundzug aller umgestaltenden Tätigkeit gewesen ist. Es ist für die Charakterisierung jedes landschaftlichen Bildes von Interesse, zunächst festzusetzen, welche Stellung es hinsichtlich des Alters der letzten grofsen formbildenden Vorgänge einnimmt, und es sollten die darauf bezüglichen Tatsachen von dem Reisenden gesammelt werden. Es ist dabei zu berücksichtigen, dafs, wie auf S. 341 ff. dargestellt worden ist, die Bodenformen grofsenteils vom Klima abhängen und auf dessen Modifikationen bestimmend rückwirken, so dafs auch das zweite Grundelement für die Art der Existenz der Lebewesen, die Summe der klimatischen Faktoren, mittelbar mit in den Bereich der genetisch-morphologischen Erforschung eines Erdraums fällt.

Um in diesem in allen Teilen kurzgefafsten Abrifs zu grofse Ausführlichkeit zu vermeiden, sollen hier wesentlich, wie es bei den Küsten geschah, die Änderungen nach der vertikalen Komponente im Inneren der Festländer erörtert werden; mit ihnen hängen, wie aus der Geschichte jedes Gebirgsflusses unmittelbar ersichtlich ist, viele Umgestaltungen in der horizontalen ursächlich zusammen. Es handelt sich um das Aufsteigen und Versenken einzelner Teile der festen Erdrinde gegen andere, um Verbiegung und Bruchzerlegung, um Erniedrigung durch Abtragung und Erhöhung durch Auflagerung, und um die daraus erwachsenden allgemeinen morphologischen Ergebnisse. Wir befinden uns aber

hier in der Lage, dafs wir die Erscheinungen selbst wegen ihres langsamen Vorschreitens nicht direkt wahrnehmen, wie es an den Küsten häufig der Fall ist. Auch haben die Beobachtungen an diesen den Vorteil, dafs bei ihnen der Meeresspiegel, wenn man ihn für praktische Zwecke als unveränderliche Gleichgewichtsfläche mit dem Höhenwert = Null betrachtet, einen festen Anhalt gibt, um zu beurteilen, ob in jüngster Zeit eine relative Verschiebung in der Vertikale stattgefunden hat, und ob sie noch stattfindet; aufserdem hat hier die Frage von jeher den Geist beschäftigt, weil ihre sachliche Bedeutung mit Hinsicht auf Landgewinn und Landverlust oder auf Verflachung und Vertiefung des küstennahen Wassers auf der Hand liegt. Im Inneren der Festländer hingegen, d. h. aller über das Meer aufragenden gröfseren Teile der festen Erdrinde, fehlt es für die Beantwortung der Frage nach Änderungen in der Vertikale an einem beständigen Faktor von ähnlicher Anwendbarkeit als Grundlage des Vergleiches. Daher müssen oft Argumente von den verschiedensten Seiten her einander ergänzend zusammengestellt werden, um auf dem Weg der Synthese den Gang der Erscheinungen abzuleiten. Es können hier nur skizzenhaft einige Fingerzeige für die dafür dienlichen Beobachtungen gegeben, oder auf schon gesagtes mit Anwendung auf diese Gesichtspunkte verwiesen werden.

Ein wesentlicher Punkt betrifft das geologische Alter der letzten Meeresbedeckung und die Höhe über dem jetzigen Meeresspiegel, bis zu der ihre Spuren nachweisbar sind, womöglich auch ihre horizontale Ausbreitung. In solchen Erdräumen, wo in den jüngsten Zeitaltern, etwa vom mittleren Tertiär an, mehrfacher Wechsel von Meeresbedeckung und Trockenlegung stattgefunden hat, wie es z. B. offensichtlich in den in der grofsen Bruchzone der Erde und in deren Nähe gelegenen Erdräumen der Fall gewesen ist, ist der Nachweis verschiedener aufeinander folgender Stadien und die nähere Festsetzung eines jeden von diesen von sehr hohem Interesse. Ein befriedigendes Bild der Vorgänge kann aber nur durch scharfsinnige Ableitung aus der Zusammenstellung zahlreicher Einzelbeobachtungen erbracht werden, wie es für das Mittelmeergebiet von M. Neumayr und für die atlantischen Küstengebiete der Vereinigten Staaten von amerikanischen Geologen angebahnt, für das kleine aber wichtige Areal des Paris-Londoner Beckens durch ausgezeichnete Untersuchungen in hoher Vollendung ausgeführt worden ist. Bruchstücke für solche Schlufsfolgerungen können durch Feststellung vereinzelter darauf bezüglicher Tatsachen von jedem Beobachter, der sich

einige Übung angeeignet hat, beigebracht werden. Die aufserordentlich grofse Bedeutung der von den letzten Meeresbedeckungen bis zur Höhe von mehreren hundert Metern zurückgelassenen Sedimenthüllen für Formbildung und Bodencharakter ausgedehnter Landschaften leuchtet z. B. bei einem Blick auf die geologische Karte von Italien ein, wenn man gleichzeitig die Höhenverhältnisse und die Anlage und Ausbildung der Strombecken berücksichtigt.

In engem Zusammenhang mit diesem Gesichtspunkt steht die Frage nach der vormaligen Verbindung jetzt getrennter und der vormaligen Trennung jetzt verbundener Festlandsstücke. Während letztere, also die tiefe Versenkung des Landes, sich aus der geographischen Verbreitung und dem Vertikalbetrag der vom Meer auf gröfseren Landstrecken und Inseln zurückgelassenen Sedimente ergibt, besteht das einzige Argument für vormalige Landverbindung in der Verbreitung an das Land gebundener Tierformen. Die Verbindung wird in den meisten Fällen durch Vertikalverschiebung der Grenzen zwischen Meer und Land (Hebung des Landes oder Rückzug des Meeres) gelöst worden sein; sie kann sich aber auch ohne solche durch grabenartige Einsenkung oder durch die Erweiterung eines früheren Strombettes zu einer Meeresstrafse vollzogen haben. Nützlich für Schlufsfolgerungen ist die genaue Erforschung des inneren Baues von Vorsprüngen in das Meer, insbesondere des Streichens dort abgebrochener Schichtgesteine, und die Untersuchung aller zwischen getrennten Landesteilen gelegener Inseln mit Hinblick auf die Frage, ob in der Gebirgsstruktur ein Anhalt für die Annahme früheren Zusammenhanges gegeben ist. Für den Betrag der vormaligen gröfseren Erhebung des Festlandes gibt an einigen Küsten die Tiefenausdehnung meerbedeckter, ehemals festländischer Strombetten einigen Anhalt. Ihr Vorhandensein und ihre Gestalt lassen sich selbstverständlich nur den genauesten Seekarten entnehmen; doch ist bei der Ableitung von Schlufsfolgerungen grofse Vorsicht und nur die Verwendung dichtgedrängter sicherer Tiefenzahlen zu empfehlen.

Spielte bei den bisher genannten Gesichtspunkten das Meer noch eine Rolle, so kommt ihm eine solche unmittelbar oder notwendig betreffs der Landschaftsformen im Inneren der Festländer nicht mehr zu. Wir betrachten diese unter zwei Kategorien:

a. — Nehmen wir als einfachsten Ausgang der Betrachtung ausgedehntere Verebnungen und Verflächungen, so ist darauf zu achten, ob man es mit einer Schwemmlandebene

(S. 267, 328), einem Tafelland (S. 258 ff.), oder einer Rumpffläche zu tun hat; im letzten Fall, ob sie unverhüllt, oder durch Eluvialboden (S. 314 ff.) oder anderes Material verdeckt ist. Auch Tafelland kann, wie die Wüstenformen der Hammada (S. 319) und der Sserir (S. 338), von Eluvialschutt verschiedener Art bedeckt, oder durch herzugewehte Sandmassen (S. 338) überschüttet sein. Bei allen diesen Flachlandgebieten ist weiter von Bedeutung: der Grad der Abweichung von völliger Horizontalität, der Übergang zu merkbarer Böschung und der von Material und Klima abhängige Winkel, welchen diese ohne Beeinträchtigung des flächenhaften Charakters erreichen kann (S. 344); ferner das Vorkommen von Inselbergen, welche ebenso von Aluvialland umschlossen sein, wie aus einer Eluvialdecke oder unmittelbar aus einer Rumpffläche aufragen (S. 256), oder als durch Windschliff (S. 338) gebildete Zeugen auf einem Tafelland stehen können; sodann, wenn Wasserabflufs vorhanden ist, die Formen der Stromverteilung sowie Art und Grad des Einschneidens der Flüsse.

Tieferes Einschneiden in scharf gezeichnete Kanäle deutet auf Tieferlegen der Erosionsbasis (S. 322). Es sind dann Querprofil und Längsprofil der Abflufskanäle zu untersuchen. Das Querprofil kann angeben, dafs das Einschneiden des Kanals sich ohne Wechsel von Beginn bis zum jetzigen Stadium vollzogen hat, oder dafs es in mehreren getrennten Epochen geschah, indem z. B. ein oberer Kanal eine gröfsere Breite, bis zu Hunderten oder Tausenden von Metern, hat, in dessen flachen Boden ein zweiter von geringerer Breite, ebenfalls mit flachem Boden, und dann in diesen ein dritter und letzter Kanal, eng und steil, eingeschnitten ist, ähnlich wie es bei den Cañons des Colorado und seiner Zuflüsse der Fall ist. Dies ist gleichbedeutend mit ebenso vielen Phasen in der relativen Tieferlegung der Erosionsbasis und entsprechend langen Perioden der jedesmaligen von ihr aus rückschreitenden, dann im Endniveau auf seitliche Verbreiterung der Talsohlenfläche hinarbeitenden Erosion. Hat zu irgend einer Zeit oder zu wiederholten Malen die Erosionsbasis durch tektonische Vorgänge oder durch positive Änderung des Meeresspiegels oder durch Stauung eines den Abflufs aufnehmenden Gewässers eine zeitweilige Erhöhung erfahren, so wird die Episode an Resten von Schuttmassen erkennbar sein, welche der in der Transportkraft abgeschwächte Strom auf einer der genannten Staffeln ablagerte, und welche als ein erkennbares Glied in die Terrassierung eingreifen kann; die geringsten Reste davon sind zu beachten. Wenn solche Episoden sich mehrfach wiederholt

haben, so wird die Auseinanderhaltung und relative Altersbestimmung der verschiedenen Phasen nur durch sehr genaue Untersuchung und scharfsinnige Schlufsfolgerung gelingen.

Die relative Tieferlegung der Erosionsbasis kann sich in dreierlei Weise vollzogen haben. Entweder fand eine Senkung jenseits des Unterlaufes der in Betracht kommenden Stromstrecke statt; oder es geschah im Unterlauf selbst ein so langsames, mit Schaffung eines Gefälls der Schwellung nach vorwärts und rückwärts verbundenes Ansteigen der von der Stromstrecke durchschnittenen Tafel statt, dafs der Strom nicht gestaut wurde, sondern durch fortdauerndes Eintiefen in seinem Bett zu verharren vermochte; oder beide Vorgänge waren kombiniert, so dafs dem Strom das Einhalten des Bettes durch rückwärtige Erosion erleichtert wurde. Es ist noch der vierte Fall möglich, dafs zu dieser Doppelbewegung ein Sinken im Oberteil der Stromstrecke kam, langsam genug um dem Strom dennoch unter Leistung fortdauernder Arbeit das Verharren in seinem Bett ohne wesentliche Erweiterung zu gestatten, wie es (um wieder ein Beispiel in grofsem Mafsstab zu wählen) für den Mittellauf des Yangtsekiang zutrifft. In solchen Fällen wird man den jugendlichen Charakter aller dargestellten Vorgänge, oder doch ihre Fortsetzung in jugendlicher Zeit, daran erkennen, dafs von der tiefer gelegten Erosionsbasis aus nach rückwärts oder innerhalb des aufsteigenden Teiles der Scholle der Flufs noch fortdauernd sein Bett scharf und ohne Alluvialbildung eingräbt, während dort, wo in einem rückwärts gelegenen Teil die Scholle, auf der er fliefst, sich senkt, der Vorgang kaum ohne eine Episode geringer Alluvialbildung verläuft, welche ihrerseits scharf an die Ufer des Kanals grenzt.

Die Stromverteilung, d. h. die Verzweigung des Hauptstroms nach aufwärts gegen die Zuflüsse und die Wurzeläste seines Stromgebietes hin, gestaltet sich bei gegebener Wassermasse um so charaktervoller, je tiefer das Eingraben geschieht, da sich dann das Einschneiden von Zuflufsfurchen vollkommen vollziehen kann und diese sich, nach bekannten Erosionsgesetzen, von der im Hauptstrom gegebenen Erosionsbasis aus nach rückwärts einschneiden, wobei sie in der Regel das nachgiebige Gestein aufsuchen und härteres stehen lassen, um sich erst, wenn epigenetische Eintiefung (S. 322) sie darauf führt, in dasselbe einzuschneiden. Die Ausgestaltung der durch diese Zuströmungsfurchen erster Ordnung und die von jeder von ihnen als örtlicher Erosionsbasis ausgehenden Einfurchungen weiterer Ordnungen gebildeten Landschaften, unter denen die Schichtstufen- oder Glintlandschaft eine besonders

charakteristische und häufige Form ist, hängt von Härte, Lagerung und Zerklüftung der Gesteine ab und kann grofse Mannigfaltigkeit schaffen. Es können dabei alle Einzelfälle des rückwärts gerichteten Ineinanderarbeitens der Flüsse, das Abfangen des Obergebietes des einen durch den anderen, Verlegung der Wasserscheiden usw. stattfinden, von denen die Lehrbücher vielerlei Möglichkeiten und wirkliche Fälle zur Darstellung bringen.

Ähnliche tektonische Vorgänge, wie sie hier für den Hauptstrom und durch dessen Vermittelung für seine Zuflüsse bestimmend angenommen worden sind, können sich an mehreren Stellen des von dem Strombecken eingenommenen Erdrindenteils wiederholen und werden dann entsprechenden Einflufs auf die Ausgestaltung einzelner Strecken nach rückwärts und vorwärts ausüben.

Neben der Art der Anlage der Stromsysteme und der in den Querschnitten erkennbaren Periodizität in der Ausbildung der Stromrinnen, woraus die vertikalen Vershiebungen abzuleiten sind, kommt das Längsprofil der einzelnen Ströme und ihrer Zuflufsfurchen in Betracht. Je kürzer zurück die Ereignisse liegen, welche zu einer relativen Tieferlegung der Erosionsbasis führten, und je gröfser der Betrag der letzteren ist, desto unvollkommener wird die Ausbildung der Längsprofile sein. Jedes einzelne von ihnen zerfällt zunächst in viele Streckenprofile, und je mehr Härtewechsel der Gesteine und einzelne tektonische Ereignisse im Weg des Stromlaufes eine Rolle spielen, desto gröfser wird die Anzahl und desto schärfer gezeichnet die Eigenkurve der Einzelstrecken sein; es wächst damit der Wechsel von geringerem und stärkerem Gefäll, von seeartigen Erweiterungen und Fällen oder Stromschnellen, von Transportfähigkeitsgrad und Ablagerung. Die Tendenz, durch Fortschaffung der Hindernisse und Ausgleichung des Bettes alle diese Strecken zu einer einzigen, von Längenabstand, Höhendifferenz und Wassermasse abhängigen Kurve von normalem Profil zu vereinigen, waltet ebenso bei dem Hauptstrom wie bei jedem Zuflufs. Es ist daher für die Erkenntnis der Geschichte eines Stromsystems und der von ihm eingenommenen Scholle erforderlich, die Ausgestaltung in Quer- und Längsprofilen genau zu beobachten. Die weitere und letzte ideale Tendenz aller Vorgänge ist, bei unveränderlicher Erosionsbasis, völlige Einflächung und Einebnung. Vermehrte Wassermasse, z. B. in Pluvialzeiten, verflacht die normalen Endkurven, erhöht die Transportkraft und steigert die Fähigkeit zu seitlicher Erosion. Aber in endlichen

Zeiträumen kann, wie oben (S. 256) dargestellt wurde, das ideale Endziel ohne Hinzutreten anderer Kräfte, wie derjenigen des Windes, nicht erreicht werden. Eine Annäherung ist möglich, wenn die Lage der Erosionsbasis sich nicht ändert.

b. — Was hier von dem einfachen Fall ursprünglicher Verflächung und Verebnung abgeleitet worden ist, gilt für minder einfache und sehr verwickelte, für kleine und gröfse Verhältnisse. Nur ein extremer, aber häufig vorkommender Fall möge hier Berücksichtigung finden; er betrifft die grofsen Rumpfblöcke (S. 262), d. h. die aus einem mehr oder weniger abgeflachten Erdrindenteil herausgelösten, entweder durch ihr eigenes Ansteigen oder durch Absenkung der Umgebungen zu gröfserer relativer Höhe gelangten, durch äufsere Ausgestaltung in weiterer Folge als Rumpfgebirge aufragenden Blockmassen, gleichviel ob die Scholle, der der Block entnommen ist, nach oben in einer Rumpffläche mit oder ohne Inselberge, oder in ruinenhaften Resten eines Faltengebirges endete, oder ob sie Tafelland war. Bei allen derartigen Gebirgen, von denen der Harz ein kleines aber bekanntes Beispiel bietet, ist die geologische Untersuchung des auf alten Faltungen beruhenden inneren Baues, die wir hier voraussetzen, ganz zu trennen von dem morphologischen Studium der Geschicke des Blockes als Ganzes und der tektonischen Vorgänge, welche seine Herauslösung als Individuum bedingten.

Wie bereits oben (S. 262) angegeben wurde, sind die Rumpfblöcke, anscheinend infolge einseitiger Hebung, gröfstenteils keilförmig schief gestellt und können grofse Dimensionen erreichen. Die Sierra Nevada in Kalifornien ist ein ausgezeichnetes Beispiel einer einzelstehenden keilförmigen Scholle von gewaltiger Ausdehnung, deren jugendliche Phasen allmählicher einseitiger Emporrichtung sich an der Hand der nach und nach streckenweise vollzogenen Ablenkung der goldführenden ursprünglichen Ströme in quergerichtete, tief eingeschnittene Abdachungsflüsse unschwer verfolgen lassen. Häufiger als die Einheitlichkeit ist die an Brüchen erfolgte Zerteilung von Rumpfschollenmassen in parallele langgestreckte Rumpfblöcke, wobei durch quer oder diagonal gestellte Brüche häufig noch weitere Zerlegung stattfindet. Als ein Beispiel von aufsergewöhnlich grofsen Dimensionen, daher auch vielen morphologischen Besonderheiten, gehören hierher die, rechtwinklich zur Linie des Hauptbruches gemessen, bis über eintausend Kilometer breiten Landstaffelblöcke von Ostasien, welche dort in mehrfacher paralleler Reihung in meridionaler Richtung aneinander gekettet sind. Gleichviel

von welcher Art die Abflufsverhältnisse auf dem betreffenden Erdrindenteil vor der Deformierung zu einem Rumpfblock oder einem System von Rumpfblöcken gewesen sein mögen, nehmen sie jetzt vielfach neue Gestalt an. Nur einzelne quergerichtete grofse Ströme, wie Amur und Yangtsekiang, haben vermocht ihr Bett inne zu halten, während die Scholle, auf der sie flossen, in widersinnig einfallende Landstaffelblöcke zerlegt wurde. Im übrigen veranlafst in jedem Fall die neu entstandene Wasserscheide an der First des Rumpfblockes die Bildung gröfstenteils neuer Abflufssysteme, die während des Aufsteigens ihre Ausgestaltung erlangen und, wenn dabei eine Zerlegung des Blockes in parallele Teilblöcke geschieht, Ablenkungen erleiden können.

Die Ursachen des scheinbaren Auftriebes von Rumpfblöcken sind Gegenstand theoretischer Spekulation. Aber was immer sie im Einzelfall gewesen sein mögen, kann man sich den Mechanismus des Vorganges der Hebung nicht ohne Kompensation durch Senkung in der Nachbarschaft vorstellen. Argumente für letzteren Vorgang kann man dort finden, wo ein reichlich mit Sinkstoffen beladener Strom den anscheinend gesenkten Raum durchfliefst. Ist sein Überschwemmungsgebiet in der Zeit historischer Überlieferung immer mit flachen Seen bedeckt geblieben, die nie ausgefüllt wurden, so darf das Bestehen einer noch fortdauernden Senkung angenommen werden.

So verschieden die Gestaltungen der Rumpfgebirge sind, welche durch die Einwirkung äufserer Agentien auf die Rumpfblöcke entstehen, lassen sich doch gewisse Merkmale allgemein wahrnehmen. Der emporgerichtete Block steht unter ganz anderen meteorologischen Verhältnissen als die Rumpffläche, aus der er herausgelöst wurde. Im Gegensatz zu der in ihrer Lage verbliebenen oder gesenkten Umgebung bildet er in ihr, in mit der allmählichen Erhöhung zunehmendem Grad, eine Kondensationsinsel für atmosphärische Feuchtigkeit; gleichzeitig wird er in vielen Fällen eine Wetterscheide, welche sich ebenso an den entgegengesetzten Gebirgsflanken, wie auf dem beiderseits angrenzenden niederen Land, besonders auf der Regenschattenseite, geltend macht. Bedeutendere Niederschläge verursachen lebhafte Erosion, und falls diese einseitig ist, Gesteinszerfall auf der Trockenseite und Rückschreiten der Hauptwasserscheide nach ihr hin. Da die primären Abflufsrinnen der Abdachung folgen und die Rumpfblöcke meist eine ausgesprochene Längsrichtung haben, entstehen ausgesprochene Quertäler, welche keine Beziehung zum inneren Gebirgsbau haben. Im einzelnen erfolgt durch Ausbildung der

Stromverzweigungen gegen die Höhen hin ein Herauspräparieren von Formgebilden, bei denen die verschiedene Härte der Gesteine ein wesentlicher Faktor ist. Aber noch wichtiger ist das Moment der Stärke der Erosion nach Maſsgabe der Verteilung von Wassermasse und Gefäll. Erstere ist am geringsten an den Ursprungsstellen der Wasserläufe, also an den Linien der Wasserscheiden. Daher ist die Erhaltung der regionalen Höhenflächen, wie man die alle hervorragenden Teile verbindende Fläche nennen kann, in einer ihrer Ursprungsform durch lange Zeiträume angenähert bleibenden Gestalt ein charakteristisches Merkmal für die früheren Zustände eines Rumpfgebirges. Sie erleidet keine wesentliche Änderung, wenn in den Talgründen und in den Unterläufen der Ströme schon die gröſsten Umgestaltungen stattgefunden haben. Daher überblickt man bei Rumpfgebirgen, auch wenn sie sich schon in ziemlich weit vorgeschrittenem Stadium der Zerstörung befinden, von einzelnen Gipfeln aus die über alle anderen Gipfel hinwegziehende ideale Begrenzungsfläche. In früheren Stadien liegen in ihr noch gröſsere Flächenteile des Hauptkammes und der Quergratkämme. Doch können, abgesehen von den Differenzierungen, welche auf manchen Gebirgen durch das Aufsetzen von Vulkanen eintreten, zweierlei Abweichungen vorkommen; einmal durch Längs- und Querzerlegung des Rumpfblockes in Teilblöcke von verschiedener Höhe; es wird dann die Höhenfläche ebenfalls in einzelne Teile von verschiedener Höhe zerfallen. Andererseits werden theoretisch Inselberge, falls die ursprüngliche Rumpffläche von solchen überragt wurde, entsprechende Erhöhungen auf dem gehobenen Rumpfblock bilden. Es ist zu untersuchen, ob dadurch das hohe Aufragen einzelner Gipfelmassen über Rumpfgebirgen von sanften Höhenflächen, wie z. B. des Khantengri auf dem Tiënschan, erklärt werden kann.

Für Ableitung der Periodizität in der Talbildung, welche auf Periodizität in der relativen Höhenlage oder auf klimatische Änderungen deuten, aus der Gestalt der Böschungen ihrer Seiten, wie auch aus den Höhenprofilen des ganzen Gebirgsblockes, gelten die vorher (S. 366) für einfachere Verhältnisse angegebenen Gesichtspunkte. Der Reisende sollte sich daran gewöhnen, ebenso die Formen der regionalen Höhenfläche, wie die Querprofile aller unter ihr gelegenen Einsenkungen und Einschnitte sorgsam zu betrachten und, indem er sie in ihre Flächen- oder Linienelemente zerlegt, auf gewisse wiederkehrende Züge in der Gestalt von Quer- und Längs-

profilen zu achten. Ein vereinzelter Bruch im Böschungswinkel eines Querprofils, z. B. der Übergang des steilen Abfalles eines Quergrates in eine sanfte Abdachung, und dieser nach abwärts in einen letzten wiederum steilen Abfall, gibt keinen Anhalt für sichere Erklärung; denn er kann verschiedene Ursachen haben. Wenn man aber findet, dafs sich genau entsprechende Übergänge von der entgegengesetzten Talseite her in gleichen Höhen beobachten lassen, und dafs sich dasselbe Verhältnis in verschiedenen Querschnitten des Tales wiederholt, so kann man daraus auf eine Reihenfolge von Vorgängen schliefsen, welche das ganze Tal betrafen. Die beiden sanften Abdachungen bilden Teile einer Mulde, welche ein vormaliges Erosionsstadium anzeigt und auf ein Höherliegen der Erosionsbasis in der betreffenden Zeit hinweist. Wiederholt sich die Erscheinung in anderen Tälern des Gebirges, so wird es wahrscheinlich, dafs dasselbe damals zu geringerer Höhe aufragte und nachmals eine weitere relative Emporhebung erfuhr, durch welche eine neue, tiefere Erosionsbasis geschaffen wurde. Diese liegt dann der Entstehung des tiefen, durch die beiden Steilgehänge umschlossenen V förmigen Einschnittes zugrunde, welchen ersichtlich das Wasser grub. Dieser einfache Fall mag einen Anhalt für den Sinn geben, in welchem die Beobachtungen auszuführen sind. Es ist aber weiter darauf zu achten, ob sich auf der flachen Böschung Ablagerungen von Gletschern oder Flüssen, oder von beiden finden, und ob aufser der U förmigen Gestalt auch Schrammung des Felsbodens und der Seiten auf Gletscherwirkung und Aushöhlung des ehemaligen Trogtales durch die Tätigkeit des Eises deutet.

Die meisten Täler in den höheren Teilen der Alpen bieten Gelegenheit für Übung in solchen Beobachtungen. Aus ihrem vergleichenden Studium ist die überraschende Folgerung abgeleitet worden, dafs selbst ein so jugendliches Faltengebirge wie die Alpen, seine gegenwärtige äufsere Gestaltung, abgesehen von den Einflüssen des inneren Baues, zum grofsen Teil dem Umstand verdankt, dafs es seit der wesentlichen Vollendung seiner inneren Ausgestaltung durch Faltungen und Überschiebungen mindestens einmal aus dem Zustand hochgradiger Abtragung, wenn auch nicht zu einer Rumpffläche, so doch zu ruinenhaften Formen, abermalige Emporhebung und dadurch Neubelebung der abgeschwächten erodierenden Tätigkeit erfahren hat. Die dahingehenden Ausführungen von Ernst Brückner für die Schweiz in dem auf S. 332 (Anm.) genannten Werk eröffnen, zusammen mit Albrecht Penck's Untersuchungen über andere Teile der Alpen, besonders durch die Beziehungen

der Morphologie zu den wiederholten Eiszeiten, neue Fingerzeige für die Erforschung der jugendlichen Änderungen in den Gebirgen und für die Auffassung, dafs sie zum Teil in dem Wechsel hochgradiger Abtragung bei einer gewissen Höhenlage und der Erneuerung des Ansatzes erodierender Kräfte infolge relativer Tieferlegung der allgemeinen Erosionsbasis, das heifst wahrscheinlich in den meisten Fällen, des erneuten Ansteigens des ganzen Gebirges zu gröfserer Höhe, beruhen.

Die nach und nach herausgebildeten und noch in weiterer Ausbildung begriffenen Gesichtspunkte, welche in diesem Abschnitt nur in Umrissen dargestellt werden konnten, zeigen, nach welchen Richtungen Beobachtungen im Inneren der Festländer über Anzeichen von jugendlichen Vorgängen, von Eintiefung und Erhebung, von Herausbildung zentraler Senken und Emporsteigen gewaltiger jugendlicher Blockgebirge angestellt werden können.

Es ergeben sich daraus von selbst die Folgerungen betreffs Umgestaltung der klimatischen Verhältnisse und der mit ihnen innig zusammenhängenden Bodenbildung, wie dies oben (S. 341 ff.) dargestellt worden ist.

So bietet sich dem einsichtsvollen Reisenden, welcher ein offenes Auge für die Natur hat, auch wenn er nicht die schulgemäfse Ausbildung in Geologie und physischer Geographie besitzt, in jedem Land, das er besuchen möge, ein aufserordentlich grofses Feld für nützliche Tätigkeit. Das Ziel, das er sich stellen sollte, ist, zur genetischen Erkenntnis der Formen und Beschaffenheit des Bodens beizutragen, welcher den Schauplatz für die mannigfachen Erscheinungen des organischen Lebens und des menschlichen Daseins bildet, von denen andere Teile dieses Werkes handeln.

Geologie.

Inhalt.

Erdbebenbeobachtungen.

Von
Prof. Dr. G. Gerland.

Was Frhr. v. Richthofen in der zweiten Auflage dieses Werkes im Gegensatz zur ersten sagt, dafs die sehr rasch weiter entwickelte Erdbebenforschung eine ganz andere Behandlung erfordere, als ihr in der ersten Ausgabe durch K. v. Seebach zuteil geworden sei: das gilt in noch höherem Grade auch heute, 17 Jahre nach der zweiten, bei dieser dritten Auflage. Die Seismologie hat sich in wissenschaftlicher, in instrumenteller, in geographischer Hinsicht zu etwas ganz anderem entwickelt, als sie früher war: sie ist jetzt ein selbständig und wissenschaftlich reich ausgebildeter Wissenszweig, sie besitzt eine Reihe vorzüglicher makro- wie mikroseismischer Beobachtungsinstrumente, welchen alle früheren gewichen sind. Und während noch in den achtziger Jahren Italien und Japan die einzigen Länder waren, wo wirklich systematisch und ununterbrochen beobachtet wurde, so ist jetzt in Ostasien, auf den Philippinen, auf Java, in Australien und Neuseeland, in Indien, Turkestan und Sibirien, in Rufsland und in einer grofsen Reihe europäischer Staaten und an verschiedenen Punkten Amerikas ein förmliches System von Beobachtungsstationen entstanden, welches sich immer weiter ausbreitet. John Milne hat an 40 Punkten der englischen Kolonien über die Welt hin sein Horizontalpendel in fortwährender Tätigkeit; das Deutsche Reich hat seine sämtlichen Konsulate beauftragt, möglichst viele und genaue Nachrichten über Erd- und Seebeben möglichst rasch nach dem Eintreten des Bebens einzusenden, und in den deutschen Kolonien sind schon oder werden in nächster Zeit Seismonometer aufgestellt.

Aber auch die Weltkenntnis ist eine andere geworden. Die Kolonien, die Schutzgebiete haben sich immer weiter aus-

gebreitet, die unbekanntesten Länder sind erschlossen, und dadurch ist auch die Art zu reisen eine andere geworden; die Aufgaben, welche die Reisenden sich stellen, haben sich erweitert und vertieft: Gesamterkenntnis der Erde, räumlich und wissenschaftlich, wird immer mehr angestrebt.

Die Erdbeben sind räumlich über die Erde hin verbreitet; wie, wissen wir noch nicht genau, aber gerade dies, die räumliche Verbreitung der Erdbeben, zu erkunden, ist eine der Hauptaufgaben der modernen Forschung und also auch der modernen Reisenden. Stehen die Erdbeben doch auch in erster Linie für die physikalische Erkenntnis der Erde, denn sie belehren uns über Bau und Beschaffenheit der Erdrinde, über die Art ihres Übergangs in das Erdinnere; ferner können wir durch sie manchen Aufschlufs über das bisher noch ganz unbekannte Erdinnere erhoffen, so dafs unsere Anschauungen über die Beschaffenheit und Tätigkeit desselben, die bisher fast nur auf Hypothesen beruhen, durch Tatsachen bestätigt werden. Auch über den Einflufs von Sonne und Mond auf Inneres und Rinde der Erde, über die Wirkungen der athmosphärischen Verhältnisse auf beide Teile können wir bei genügend lang andauernder Beobachtung — aber auch nur bei dieser — allmählichen Aufschlufs erhoffen.

Wichtig genug ist also die Erdbebenforschung. Aber können Reisende, auf ihren Reisen, Beobachtungen anstellen, die der Seismologie wirklichen Nutzen bringen? Sind Erdbeben nicht „zufällige" Erscheinungen, deren Eintreten wir nie vorhersagen können, die also auch den Reisenden nur zufällig und jedem einzelnen nur selten begegnen werden? Und ferner, der Reisende kann doch nur makroseismisch beobachten: die jetzige Erdbebenforschung aber legt, und mufs es tun, ein ganz besonderes Gewicht auf die mikroseismische Forschung, die nur vermittelst sehr komplizierter und Raum bedürfender Instrumente angestellt werden kann.

Können also Erdbebenbeobachtungen, die für die heutige Forschung wirklichen Wert haben sollen, von Reisenden gemacht werden? Da Reisen gegenwärtig nur noch selten zu blofs äufserer, topographischer, ethnographischer usw. Erschliefsung der Länder unternommen werden; da bei der erleichterten Zugänglichkeit der Erdräume die Reisenden in den Gebieten, die sie aufsuchen, zu wissenschaftlichen oder auch praktischen Zwecken und Studien länger verweilen: so ist es sehr wohl denkbar, dafs auch sie, trotz dem schnellen Vorübergehen der Erdbeben, G e l e g e n h e i t f i n d e n, m a n c h e w e r t v o l l e B e o b a c h t u n g e n z u m a c h e n, d i e d e s t o w e r t v o l l e r

sind, je unbekannter die Gegend der Beobachtung ist. Zu diesen Beobachtern können wir auch die Männer rechnen, welche in den Schutzgebieten oder sonst in fremden, wenig untersuchten Gegenden lange und stets in wissenschaftlichem Zusammenhang mit der Heimat verweilen. Es ist ja rühmlich bekannt, dafs die in der Kolonie tätigen Beamten sich neben ihrem Beruf gern mit Untersuchungen und Beobachtungen der Landesnatur beschäftigen oder Unterbeamte haben, denen sie die betreffenden Aufträge geben können. Auch die Missionen sind hier mit dankbarster Anerkennung zu nennen: unsere Kenntnis des seismischen Verhaltens der für die Erdbebenforschung so wichtigen Philippinen verdanken wir den Jesuiten, ebenso die Berichte aus dem südöstlichen China (Zi-ka-wei). Auch einzelne Missionare, denen keine Stationen, keine Instrumente zur Verfügung stehen, können dennoch wertvolle Beobachtungen machen und haben es getan. Dabei entwickelten sich drei Gruppen von Erdbebenbeobachtungen für die in fernen Gegenden Reisenden oder Verweilenden:

1. die direkten Beobachtungen der seismischen Tätigkeit des Festlandbodens;

2. des Meeresbodens der Erde;

3. allgemeine Untersuchungen der Erdgebiete auf ihr seismisches Verhalten.

Wir müssen auf diese drei Punkte einzeln eingehen.

1. Die direkten Beobachtungen der Erdbeben.

Bei der weiten Ausbreitung der Erdbeben über die Erde hin können Reisende, Kolonialbeamte, Missionare u. a. sehr wohl in die Lage kommen, auch in Gegenden, wo es keine Kultur, keine Stationen oder sonstige wissenschaftliche Hilfsmittel gibt, wo sie also mehr oder weniger auf sich selbst angewiesen sind, wertvolle Beobachtungen über Erdbeben zu machen. Bei allen Berichten und Schilderungen von etwa (und stets plötzlich) eintretenden Erdbeben kommt es in erster Linie auf genaue Angabe der Zeit an. Sie mufs möglichst genau (womöglich bis auf die Minute oder Sekunde) nach der Uhr des Reisenden angegeben werden, deren Gang für den betreffenden Tag er kennt und durch Sternbeobachtungen desselben Tages noch nachträglich fixieren kann. Er würde so die Ortszeit erhalten, zunächst für den Beginn der Störung, dann womöglich auch für die einzelnen (genau zu zählenden) Stöfse oder Bewegungsgruppen.

Sodann ist die Stärke des Bebens von Wichtigkeit. Sie läfst sich auch in einsamen Gegenden aus den Erscheinungen, welche die Bäume, die Felsen, Berge usw. zeigen, wenigstens ungefähr berechnen und auf die Intensitätsskala Rossi-Forel, Grad 1—12, zurückführen. Der Beobachter mufs danach streben, aus der Umgegend womöglich noch andere Nachrichten über die Intensität der Stöfse zu bekommen, denn aus mehreren derartigen Angaben kann er vielleicht den Teil der Gegend herausfinden, in welchen die Störungen am heftigsten waren, die pleistoseiste Fläche; hat er aber diese, so läfst sich vielleicht auch das Epizentrum, der eigentliche Stofspunkt des Erdbebens, mehr oder weniger genau bestimmen, der für die Kenntnis eines jeden Erdbebens von besonderer Wichtigkeit ist. Dies setzt allerdings eine dichtere Bevölkerung voraus, die mit intelligenteren Elementen gemischt ist. Lassen sich von letzteren zuverlässige örtlich bestimmte Angaben über die Zeit des Bewegungseintrittes in verschiedenen Entfernungen gewinnen, so berechnet sich hieraus ein weiterer wichtiger Punkt, die Geschwindigkeit der ersten Bewegung. Sollte das Beben deutlich sichtbare Bodenwellen aufwerfen, so ist neben ihrer Länge namentlich Amplitude (Höhe) und Periode (Dauer) derselben und die Richtung, in der sie sich bewegen, möglichst genau anzugeben.

Auch die Art der Stöfse (Stärke; succussorisch? rotatorisch? unter einem Winkel austretend? einzeln? in rasch verlaufender Wiederholung? usw.) ist von Wichtigkeit und ferner ihre Richtung. Woher kamen sie? Sind Gebäude vorhanden, so läfst sich aus Lage und Himmelsrichtung der beschädigten Gebäude, aus Richtung und Lage der veranlafsten Spalten, Sprünge, Abbrüche usw. (welches alles genau zu beobachten ist) die Richtung und Herkunft der Stöfse ungefähr beurteilen, wobei jedoch gröfste kritische Vorsicht nötig ist. Mallet hat die Regeln für diese Beobachtungen gegeben; nach ihm Faidiga, Dutton u. a. Leichter und sicherer lassen sich Richtung und Herkunft der Stöfse aus dem Fall umgestürzter Pfosten, Felsen, Mauern, Bäume usw. geben. In Häusern ist die Richtung der Schwankung oder Verschiebung von Gegenständen, die an der Decke, an den Wänden hängen oder stehen, anzugeben. Auch die Lage und Richtung etwa eintretender Risse, Abbrüche oder Verschiebungen im Erdboden selbst ist für die Bestimmung der Herkunftsrichtung der sie veranlassenden Bodenbewegungen von Wichtigkeit. Bei allen diesen Beobachsungen kommt es sehr auf den Standpunkt des Beobachters an, der genau anzugeben ist, namentlich nach der Höhe über dem Erd-

boden; bei Beobachtungen in Häusern ist stets das Stockwerk anzugeben.

Ein vorzügliches Beispiel der Beobachtung und Beschreibung von Erdbeben der verschiedendsten Art hat Jul. Schmidt in seinen Studien über Vulkane und Erdbeben (Leipzig 1881) bezüglich griechischer Erdbeben von 1837—1873 gegeben.

Es liegt auf der Hand, dafs ein Reisender, wenn er nicht länger an einzelnen Orten verweilen kann und keine Unterstützung in seiner Tätigkeit hat, die im vorstehenden geschilderten Beobachtungen nicht alle anzustellen vermag. Aber was immer er von den Elementen der Erdbebenbeobachtung gibt, kann von Wert sein, namentlich in Gegenden, wo noch wenig oder nichts beobachtet ist. So treten z. B. an einzelnen Vogesenbruchlinien bisweilen ganz schwache, lokal sehr eng begrenzte Erdbeben auf, die nicht etwa durch menschliche Tätigkeit, auch nicht durch natürliche oberirdische Vorgänge (Bergstürze usw.) veranlafst sind. Derartige Erscheinungen sind wohl zu beachten. Ebenso auch Erdbeben, die beschränkt sind auf einzelne Gebirgstäler (Faltengebirge? Einbruchsgebiete?). Da wir über die Natur der Erdbeben noch keineswegs sicher unterrichtet sind, so ist jeder Vorgang, mag er auch noch so unbedeutend erscheinen, möglichst scharf in Obacht zu nehmen.

Aber neben diesen direkten Beobachtungen makroseismischer Störungen bleibt noch vieles andere zu tun übrig. Zunächst ist auf die Nachbeben, d. h. auf die nach einem Erdbeben an gleicher Stelle eintretenden, mit der Zeit immer schwächer und seltener werdenden Stöfse genau zu achten, ihre Verbreitung, Häufigkeit, Stärke, kurz ihre ganze Art zu beschreiben. Aufserdem ist bei allen Bebenbeobachtungen die Stellung des Mondes, der Sonne zu berücksichtigen, und namentlich sind die atmosphärischen Verhältnisse aufzuzeichnen: Wie war Luftdruck und Temperatur während des Erdbebens? Hat sich beides kurz vor dem Erdbeben rasch geändert; treten solche Änderungen bei den Nachbeben ein? Zeigt sich bei letzteren ein Einflufs der Stellung von Mond und Sonne? Und ferner mufs der durch das Beben erschütterte Boden genau studiert werden. Aus welchem Material besteht er? Aus geschichtetem, aus massigem Gestein, aus kompakten Geröllen? Zeigt er starke Verwerfungen, bildet er selbst vielleicht eine Senkung, wie die Umgegend von Laibach, von Nördlingen, die oberrheinische Ebene? Tritt das Gestein fest und ganz zutage, unverwittert, oder ist es mit Verwitterungsprodukten, mit Trümmermassen (Geröll, Sand, Moräne usw.) bedeckt? In

Küstengegenden tritt die Frage, ob Steil-, ob Flachküste hinzu, und der Meeresboden, der sich anschliefst, kommt nach Tiefe, Böschung und Beschaffenheit in wichtigen Betracht. Sind rezente oder archäische Vulkankegel oder Lakkolithen vorhanden, und gehen die seismischen Bewegungen etwa von ihnen aus? Welche Störungen hat das Erdbeben in dem Boden hervorgebracht? Etwa Spaltenbildung, und von welcher Gröfse? Absenkungen, an Gebirgen, am Strande, von dem wohl gar gröfsere Teile versanken? Wie tief etwa? Sind bei diesen Störungen Exhalationen eingetreten? Sandkraterbildung? Wie war das Verhalten etwaiger Quellen, namentlich warmer? Sind sie gestört, haben sie vielleicht ganz zu fliefsen aufgehört? Wie war die Temperatur des Wassers vor und nach dem Beben?

Ist die seismische Bewegung vielleicht an einzelnen Stellen nicht gespürt, während sie in der ganzen Umgegend fühlbar war, zeigten sich also sogenannte Erdbebenbrücken? Wie war ihre Lage zur Richtung der seismischen Bewegung? Wie ihre Bildung? Aus welchem Material bestanden sie? Aus welchem die bewegten Gebietsteile?

Waren sonstige Hindernisse der Erdbewegung vorhanden, setzte sich dieselbe z. B. hinter einem Bergzug, gegen den sie herankam, nicht fort? Welche Bildung hatten diese hemmenden Züge? Hochgebirge? Gebirge archäischer Bildung? Horst? Faltengebirge? Welche Richtung hatte das hemmende Gebirge im Verhältnis zu der Richtung der herankommenden seismischen Wellen? Wurden letztere wohl gar durch einen Stromlauf aufgehalten? Oder umgekehrt, zogen die Wellen unter auflastenden Gebirgsmassen hin, ohne diese selbst zu erschüttern, und setzten sich dann jenseits wieder fort, wie es bei der Schwäbischen Alp beobachtet ist?

Auch die oft sehr mächtigen Detonationen, welche den Erdbeben meist unmittelbar vorausgehen oder sie begleiten, seltener ihnen nachfolgen, sind genau zu beobachten. Wann traten sie ein? Welche Stärke hatte der Schall bei seinem Eintreten; bis zu welcher Stärke wuchs er an; wie lange dauerte er nach dem Beben? Schien er aus dem Boden, aus der Luft, aus den Gebäudemauern zu kommen? War es ein Sausen, ein Donnern, Rollen oder ein weiches Geräusch, wie ein fallender Wollsack, oder ein Krachen, Knallen, Poltern, Heulen, Brüllen? Auch Detonationen ohne Beben, oft von langer Dauer, kommen vor. Wurden die Geräusche etwa im Innern der Erde (Bergwerke, Spalten usw.) beobachtet? Ob aber die sogenannten Bodenknalle, kurze Detonationen ohne Erdbewegung, die Mistœpffers, und wie man sie sonst nennt, eine

seismische Erscheinung sind, ist sehr fraglich und deshalb besonders darauf acht zu geben. In den meisten Fällen sind sie es nicht. Für die Schallstärke ist eine Skala von fünf Graden aufgestellt, von den schwächsten Geräuschen, zu deren Vernehmen gröfste Stille, ja das Auflegen des Ohres auf den Boden nötig ist, bis zu dem stärksten Donnern und Krachen. Die eigenen Beobachtungen lassen sich leicht in die fünf Grade einteilen.

Allen diesen Aufgaben gegenüber ist der Beobachter, der sich längere Zeit in einer Kolonie aufhält, in weit günstigerer Lage als der ambulante Reisende. Er kann dauernde Beobachtungen anstellen, Fragen behandeln, zu deren Beantwortung solche Beobachtungen nötig sind, wie etwa die Frage, ob dafs betreffende Gebiet habituelle Stofslinien hat, d. h. ob sich in ihm Gegenden, Striche befinden, in welchen die Erdbeben gewöhnlich auftreten, von welchen sie sich verbreiten, so dafs sie an dieselben gebunden zu sein scheinen. Folgen diese Stofslinien einer Verwerfung, einer Gebirgsfalte?

Der in einer Kolonie sich länger aufhaltende Beobachter ist auch sonst in einer für die Beobachtung weit günstigeren Situation als der Reisende, wenn auch ihm, wie diesem, derselbe Kreis von Beobachtungen obliegt. Denn es ist jetzt das Bestreben der Kulturstaaten, auch in den Kolonien, also in oft sehr abgelegenen Gegenden, tunlichst die Seismizität der Erde, das Wesen der Erdbeben zu erforschen. Zu diesem Zweck werden von ihnen an verschiedenen Punkten der Erde seismische Instrumente zu täglicher Beobachtung aufgestellt, wobei die Wahl des Ortes besonderer Überlegung bedarf. Die vom Deutschen Reich teils schon gegründeten, teils beabsichtigten Stationen, Samoa, Kiautschou, Blanchebai (Bismarck-Archipel), Amani (Usambara) sind vorzüglich gewählt, wie ein Blick auf die Karte sofort beweist. Die bisher vorhandenen Instrumente sind von einer wissenschaftlichen Gesellschaft und von zwei deutschen Erdbebenstationen zur Verfügung gestellt. Ein Reisender kann ein solches Instrument nicht mitbringen. Sehr erfreulich und im hohen Grade wünschens- und dankenswert aber wäre es, wenn ein reicher und wissenschaftlich interessierter Mann, von denen ja oft Reisende ausgestattet werden, eine oder die andere Station mit dem nötigen Instrument ausstattete und dadurch Beobachtungen in Gegenden ermöglichte, welche noch nicht erforscht, ja welche vor noch nicht allzulanger Zeit zuerst von den Reisenden erschlossen wurden, und deren Erforschung wissenschaftlich so bedeutsam ist.

2. Das seismische Verhalten des Meeresbodens.

Zu den direkten seismischen Beobachtungen, die ein Reisender (und gerade ein solcher am leichtesten) machen kann, gehören die Seebeben, d. h. die Erdbeben, deren Stofsgebiet im Meer, im Boden des Meeres liegt. Die Seebeben gehören für die Erkenntnis der Seismizität der Erde, für die Erkenntnis der Natur der Erdbeben und ihrer Entstehung zu den wichtigsten Erscheinungen, wie dies schon aus der gröfseren Dichtigkeit des Meeresbodens hervorgeht. So hat die Reichsverwaltung im Eingehen auf den öfters von den deutschen Erdbebenforschern ausgesprochenen Wunsch, dafs für die Seebeben das gleiche geschehe wie für die Erdbeben auf festem Land, die deutschen Konsulate, deren Sitz an der Meeresküste ist, zu regelmäfsiger, methodischer Sammlung von Nachrichten über beobachtete Seebeben angeregt; ebenso aber auch zu Sammlung von Nachrichten über Küstenbeben (Erd- und Seebeben). Letztere sind ebenfalls und besonders zu beachten, teils aus rein wissenschaftlichen Gründen — haben doch die Erdbeben ihren Ursprung oft im Meere, von wo aus sie auf das Land fortschreiten (Japan; Guam, Beitr. zur Geophys. 2, 585) —, teils aber aus praktischem Interesse, weil die Küstenbeben so oft die mächtigen Flutwellen erregen, welche von gleicher Wichtigkeit für den Seismiker, den Hydrographen, den Schiffsführer sind.

So wurden auf Verlangen der Reichsverwaltung von der Direktion der Kais. Hauptstation der Erdbebenforschung zu Strafsburg auch Anweisungen, Fragebogen zur Beobachtung von Seebeben ausgegeben (Beitr. zur Geophys. Band VII), die hier (mit der Intensitätsskala von Prof. Rudolph) mitgeteilt werden müssen, weil naturgemäfs alles, was ein Reisender für ihre Beobachtung tun kann, in denselben ausgesprochen ist. Sie lauten:

1. **Schiffsort** zur Zeit des Seebebens.
   Welchen Kurs segelte das Schiff, und wieviel Seemeilen Fahrt machte es in der Stunde?
2. **Aufenthalt** des Beobachters.
   Wurde das Seebeben vom Beobachter unter Deck oder auf Deck verspürt?
3. **Zeitpunkt** des Seebebens.
   In welchem Augenblicke wurde das Seebeben verspürt?
4. **Art der Bewegung.**
   a) Blofses Erzittern oder Erschütterung oder Stöfse?
   b) War die Bewegung vertikal oder wellenförmig?
   c) Ging den Stöfsen eine zitternde Bewegung voraus, und folgte ihnen eine solche nach?
   d) Womit läfst sich die Bewegung vergleichen, und welchen Eindruck machte sie auf den Beobachter?

5. **Fortpflanzungsrichtung** der Bewegung.
   Ging die Bewegung vom Bug zum Stern bezw. umgekehrt, oder liefs sich eine bestimmte Himmelsrichtung in der Fortpflanzung bemerken?
6. Die **Intensität** des Seebebens ist in Graden der nachfolgenden Skala anzugeben:
   I. Ganz schwaches Erzittern, mehr ein Geräusch, das meistens nur unter Deck hörbar. (III. der Skala Rossi-Forel.)
   II. Schwaches Erzittern, geeignet, die schlafende Mannschaft zu wecken. (IV. der Skala Rossi-Forel.)
   III. Erzittern im ganzen Schiff, welches den Anschein erweckt, als wenn grofse Fässer über Deck gerollt würden. (IV. der Skala Rossi-Forel.)
   IV. Mäfsig starke Erschütterung, ähnlich derjenigen, welche man empfindet, wenn die Ankerkette rasch ausläuft. (IV. der Skala Rossi-Forel.)
   V. Ziemlich starke Erschütterung, wie wenn das Schiff über rauhen Boden fahre. (IV. der Skala Rossi-Forel.)
   VI. Starke Erschütterung, geeignet, leichte Gegenstände in Bewegung zu setzen; das Rad stöfst in den Händen des Steuermanns. (V. und VI. der Skala Rossi-Forel.)
   VII. Recht starke Erschütterung durch Stöfse, so dafs das Gebälk kracht und es unmöglich ist, sich auf den Füfsen stehend zu halten. (VII. der Skala Rossi-Forel.)
   VIII. Sehr starke Erschütterung durch Stöfse. Masten und Takelwerk sowie schwere Gegenstände auf Deck werden erschüttert. (VIII. der Skala Rossi-Forel.)
   IX. Aufserordentlich starke Erschütterung durch Stöfse. Das Schiff wird auf die Seite gestofsen, verliert im Gange oder wird in der Fahrt aufgehalten. (IX. der Skala Rossi-Forel.)
   X. Zerstörende Wirkung. Leute werden an Deck niedergeworfen, die Fugen des Decks springen auf, das Schiff wird leck. (X. der Skala Rossi-Forel.)

   War die Intensität verschieden bei den einzelnen Stöfsen oder im Verlaufe der ganzen Erscheinung?
7. **Dauer** des Seebebens.
   a) Welches war die Gesamtdauer der Erschütterung ohne das dieselbe begleitende Geräusch?
   b) Liefsen sich einzelne Phasen in der Erscheinung unterscheiden?
8. **Schallerscheinungen.**
   a) Wurde ein Geräusch vernommen, und womit liefs sich dasselbe vergleichen?
   b) Ging das Geräusch der Erschütterung voran, war es gleichzeitig mit derselben, oder folgte es ihr nach?
9. **Erscheinungen an der Meeresoberfläche.**
   a) Welches war der Zustand vor dem Seebeben?
   b) Blieb der Zustand derselbe, oder traten Veränderungen während des Seebebens ein?
   c) Wurde eine einzelne besonders hohe Welle oder eine aufeinander folgende Reihe von solchen beobachtet (Höhe und Länge derselben)?
   d) Wurde bei glatter See der Meeresspiegel gehoben, oder wallte derselbe auf wie bei kochendem Wasser?

10. **Kompafs.**
    Trat eine plötzliche Abweichung der Magnetnadel während des Seebebens ein?
11. **Meteorologische Verhältnisse.**
    a) War die Temperatur des Seewassers nach dem Seebeben eine höhere als vor demselben?
    b) Wie hoch war der Luftdruck?
12. **Ausdehnung** des Seebebens.
    a) Waren andere Schiffe in der Nähe zur Zeit des Seebebens, eventuell in welcher Entfernung?
    b) Haben dieselben das Seebeben verspürt oder nicht?
13. **Erdbeben und Seebeben.**
    Liegt das Schiff in einem Hafen, so sind Erkundigungen am Lande einzuziehen über:
    a) Anfang
    b) Intensität
    c) Dauer des Erdbebens.
    Welcher Unterschied besteht in Bezug auf diese drei Punkte zwischen dem Erd- und Seebeben?
14. **Zustand des Meeres im Hafen** bei einem Erd- und Seebeben.
    a) Wurde das Hafenwasser durch die Erschütterung in irgend einer Weise beeinflufst?
    b) Traten im Augenblicke der Erschütterung oder unmittelbar nach derselben Wellen am Strande auf, eventuell wieviel, wie hoch, in welchen Zeitintervallen?
    c) Trieb das Schiff vor Anker, und waren Strömungen bemerkbar?
    d) Traten sogenannte Erdbebenflutwellen auf, eventuell wie lange Zeit nach dem Beginn des Erdbebens, wieviel Wellen, in welcher Höhe, in welchen Zwischenräumen?

Einiges sei noch zugefügt. Wenn auf E. Rudolphs Übersichtskarte der submarinen Erdbeben und Eruptionen sowie der Erdbebenflutwellen (Beitr. zur Geophys. Band I) die gröfste Anzahl von Seebeben in der Zone der Azoren und St. Pauls Felsen gegeben ist, so beruht dies, im Gegensatz zu den leeren Flächen anderer Ozeane, nicht oder nur zum Teil auf der gröfseren Schiffsfrequenz im Atlantik, sondern auf tatsächlich gröfserer Bebenfrequenz dieser Gegenden. Hervorzuheben ist, dafs alle ozeanischen Inseln und Inselgruppen (auch die Koralleninseln) vulkanischen Ursprungs sind. Dazu kommt, dafs die Verbreitung der Seebeben auch sonst erdwissenschaftlich sehr merkwürdig ist: sie gehören den zwei grofsen Bruchzonen des Erdplaneten an, deren eine die Erde in eine nördliche und südliche Hälfte teilt, vom Antillenmeer an, zwischen Azoren und St. Pauls Felsen hin — die Südküste von Portugal (Lissabon) gehört noch zum Azorengebiet — durch Mittel- und Rotes Meer an Südasien vorbei durch Malaisien bis zu den Fidschiinseln; deren zweite eine östliche und westliche Halbkugel der Erde abgrenzt, ausgehend von der Meereszone, welche die Westküste Amerikas von 40° S bis zu Vancouver

begleitet, dann an den Aleuten vorüber an Kamtschatka, Kurilen und Japan hin zu den Philippinen, den melanesischen Inseln, bis nach Auckland hin. Dagegen fehlen die Nachrichten von Seebeben aus dem Nord- und Südmeer so gut wie ganz, mit Ausnahme vereinzelter Vorkommen vor der Südküste Islands und vor der norwegischen Abbruchsküste (61 ° N); während doch Erdbeben in Island und im Baltischen Schild (Skandinavien, Finnland) nicht allzu selten vorkommen, während doch tätige und zu verschiedenen Zeiten erloschene Vulkane in beiden Polgebieten der Erde verbreitet sind. Auf der Südhalbkugel reichen die beobachteten Seebeben etwa bis zum 57 ° S. Landbeben sind auch aus dem Norden nicht bekannt. Es leuchtet ein, dafs es von gröfstem Interesse wäre, wenn Reisende, zu Schiff oder zu Lande, in den so wenig besuchten Polargegenden die seismische Tätigkeit möglichst scharf beobachteten. Es ist möglich, dafs die seismischen Erscheinungen auch dort vorhanden, aber wegen ihrer Seltenheit noch nicht bemerkt sind. Höchst erwünscht wäre es, wenn eine spätere länger in den Polargegenden verweilende wissenschaftliche Expedition ein leicht zu behandelndes Seismonometer während ihres Aufenthaltes arbeiten liefse und die mechanischen Aufzeichnungen, denen es an Genauigkeit des Aufzeichnens, der Zeitangaben usw. nicht zu fehlen brauchte, nach Europa mitbrächte. Auch das Verhalten der Polargebiete gegen Fernbeben (Mikroseismen) wäre von höchstem Interesse. Bisher ist es, trotz mancher Bemühungen, nur einmal geglückt, die Mitnahme und Aufstellung eines seismischen Apparates in Polargegenden zu erreichen: des Pendels von Milne, welches die englische Südpolarexpedition 1902 und 1903 arbeiten liefs. Seismische Aufzeichnungen in hochpolaren Gegenden, auch nur von einem Jahre, haben den gröfsten Wert. — In den an Seebeben reichen Gebieten ist im Anschlufs an N 12 des abgedruckten Fragebogens die Frage zu beachten, ob die Seebeben stets punktuell, einzeln auftreten, oder ob auch Seebebenreihen, Seebebengruppen (letztere gleichzeitig auftretend) beobachtet werden. Einzelne hierher gehörige Tatsachen erwähnt Rudolph in den Beitr. zur Geophysik.

3. Allgemeine Untersuchungen.

Neben den bisher besprochenen direkt zu beobachtenden Erscheinungen gibt es noch andere Aufgaben für die Reisenden und für alle, welche länger in Europafernen und daher noch wenig erforschten Gegenden verweilen. Es sind dies die all-

gemeinen Untersuchungen und Beobachtungen der Landesbeschaffenheit selber. Jede noch unbekannte Gegend läfst sich zunächst durch geologische Betrachtung, ferner durch Erkundigungen, wo sie möglich sind, auch für die Erdbebenforschung einigermafsen erschliefsen. Ist den Bewohnern etwas von Erdbeben aus eigener Anschauung oder aus Überlieferungen bekannt? Zeigt das Gebiet auch vulkanische Berge und in welchem Zustand, aus welcher Erdepoche? Auch längst erloschene, uralte Berge sind nicht unwichtig. Läfst sich erfahren, ob von diesen längst untätigen Bergen noch jetzt Erderschütterungen, wenn auch ganz schwache, ausgehen? Finden sich Mythen oder Sagen, die auf eine solche Tätigkeit hinweisen? Gehen diese etwaigen Störungen vielleicht von einzelnen Gebirgslinien aus? Von alten Verwerfungen vielleicht? Sind solche vorhanden? Zeigen sich Spuren von rascheren Hebungen oder Senkungen, vielleicht auch von Wiederholungen dieser Erscheinungen, von einem Wechsel derselben? Diese Frage führt uns zu den ozeanischen Inseln zurück, wo wir im Stillen Ozean im Gebiet der Koralleninseln, die nicht selten auch direkte Erdbeben zeigen, diese mehr oder weniger langsamen Schwankungen sehen. Zunächst ist natürlich das seismische Verhalten dieser Inseln im einzelnen zu betrachten, sodann jede einzelne auf etwaige Hebungen oder Senkungen genau zu untersuchen, welche die ozeanischen Koralleninseln, namentlich die Atolle, ja alle zeigen. Auch die einzelnen im Meer isolierten Vulkanberge, wie der Gunung Api der Bandasee müssen auf diese Schwankungen hin untersucht, beobachtet werden. Zeigt die vom Reisenden besuchte Insel, oder ein Teil von ihr, eine frühere Hebung? Wie hoch? Mit welcher Einwirkung des Meeres (Strand-, Nischenbildung)? Läfst sich irgendeine, wenn auch noch so ungefähre Bestimmung der Zeit geben, wann und wie lange die Bewegung eingetreten war? Ist neben der Hebung, vielleicht mit ihr wechselnd, auch irgendwelche Senkung zu konstatieren? War die Hebung eine einmalige oder mehrfach wiederholte? Eine perpendikuläre oder wohl auch schiefe? Zeigen sich Spuren einer einmaligen oder wiederholten Senkung? Findet man auf einer solchen gehobenen Koralleninsel vulkanische Materialien, vielleicht vulkanische Schichten in der Kalkbedeckung? Oder gehobene Rollblöcke, vielleicht aus vulkanischem oder gar der Erdrindenbildung angehörigem Material? Zeigen sich sonstige Meeresreste, und in welcher Höhe? Hat die betreffende Insel Nachbarinseln, oder steht sie isoliert? Wie steil ist, bis zu welchen Tiefen, ihre submarine Böschung?

Zeigen die etwaigen Nachbarinseln die gleichen Erscheinungen, oder trat der Wechsel der Höhe auf einer Insel isoliert ein? Diese Fragen gelten auch für die Festlandinseln des Pacifik, wie z. B. für Melanesien.

Im vorstehenden ist nach vielem gefragt, vieles durch Fragen nur angedeutet worden, was weiter auszuführen nicht nötig war. Nach einem bekannten Sprichwort ist Fragen leichter als richtig Antworten; es könnte scheinen, als ob auch hier vielleicht zu viel gefragt wäre. Jedenfalls bedürfen wissenschaftlich genügende Antworten langer Zeit und oft wiederholter, vielleicht veränderter Fragestellung, wie die Versuche der Beantwortungen sowie die weiteren Forschungen der Reisenden ergeben werden. Handelt es sich doch um eine der wichtigsten Eigenschaften unseres Planeten, um seine Seismizität, um eine der wichtigsten seiner physikalischen Tätigkeiten, die, vollständig bekannt, uns die Gesamtnatur der Erde, der Rinde wie des Innern, völlig erschliefsen würde. Denn nicht blofs als Rindenvorgänge lassen sich die Erdbeben auffassen; ihre Sphäre ist bedeutender, tiefer greifend, sie gehören dem Gesamtplaneten an, aus dessen Gesamtnatur sie erfolgen. Das werden die Folgegeschlechter der Reisenden, der Beobachter durch unablässige Forschungen im Laufe der Zeiten erkennen und darlegen. Für uns ist es zunächst eine der Hauptaufgaben, eine möglichst vollständige Topographie der Erdbeben, der Makroseismen zu erlangen, wobei auch negative, richtig dargelegte Antworten denselben hohen Wert haben wie die positiven. Zur allmählichen Lösung aber dieser so bedeutenden wie schwierigen Aufgabe ist niemand geeigneter als die stets opferwilligen und auch vor dem Schwierigsten nicht zurückweichenden wissenschaftlichen Reisenden.

Anleitung zu magnetischen Beobachtungen an Land.

Von

Dr. G. von Neumayer und **Dr. J. Edler.**

Eine der wichtigsten Aufgaben der Physik der Erde ist die genaue Feststellung des magnetischen Zustandes unseres Planeten. Im Verfolge der hier zu gebenden Ausführungen soll eine Erörterung darüber gegeben werden, was man unter dem magnetischen Zustande der Erde versteht. Hier sei soviel gesagt, dafs diese Feststellung aus Beobachtungen erdmagnetischer Natur abgeleitet werden mufs, die über die ganze Erdoberfläche, d. i. auf dem Festlande und auf dem Ozean, ausgeführt werden. Die beiden Arten der Beobachtung unterscheiden sich dem Wesen nach nicht, wohl aber in Beziehung auf die dabei anzuwendenden Methoden und Instrumente. Die allgemeine Einleitung, die sich auf mehr theoretische Betrachtungen über Erdmagnetismus bezieht, ist begreiflicherweise die gleiche, d. h. sie ist in beiden Fällen in demselben Sinne anzuwenden.

Zur Ersparung von Wiederholungen sollen in diesem Abschnitt die allgemeinen Gesichtspunkte niedergelegt werden, und es bedarf nach dem Gesagten in dem Abschnitte über „Magnetische Beobachtungen an Bord“ keiner weiteren Erörterungen dieser Art, vielmehr kann man sich bei den letzteren auf die nun folgenden Auseinandersetzungen beziehen.

Es erscheint am zweckmäfsigsten, den Gegenstand der „Anleitung“ nach Eschenhagens Vorgang[1]) in folgenden Abschnitten zu behandeln:

I. Allgemeine Grundbegriffe des Erdmagnetismus.
II. Örtliche und zeitliche Verschiedenheit des Erdmagnetismus.

---

[1]) In Kirchhoffs „Anleitung“.

I. Allgemeine Grundbegriffe.

1. Ein Magnetstab übt auf Magnete oder magnetisierbare Gegenstände eine gewisse Wirkung aus, indem er in seiner Umgebung ein magnetisches Feld, Kraftfeld genannt, erregt. Weiches Eisen wird im magnetischen Feld durch Induktion selbst magnetisch. Durch ein einfaches Experiment mit Eisenpulver kann man die Partikelchen desselben unter dem Einflusse eines Magnetpoles, wie bekannt, in gewissen Linien angeordnet erhalten, die mehr oder minder dicht beisammen sind. Derartige Linien nennt man Kraftlinien und die Dichte derselben Feldintensität oder Feldstärke. Kraftlinien haben stets einen vollständigen Schluſs in sich; es können von einem Magnetpol nicht mehr Kraftlinien ausgehen, als davon den andern Pol erreichen. Die Intensität des magnetischen Feldes kann man ganz wie jede andere Kraft behandeln, sie in Komponenten zerlegen und zu solchen zusammensetzen. Die von gleichen Polen zweier Magnete ausgehenden Kraftlinien wirken wie entgegengesetzte Kräfte, die gleichen Pole stoſsen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an. Befindet sich eine frei im Raume bewegliche Magnetnadel in einem Kraftfelde, das im Verhältnisse zu den Dimensionen des Magneten als vollkommen gleichmäſsig anzusehen ist, so werden auf die beiden Pole Kräfte von entgegengesetzter Richtung, aber gleicher Stärke wirken. Die Nadel kann des-

halb nur eine Drehung erfahren, bis sie die Richtung der Kraftlinien eingenommen hat. Diese Eigenschaft einer freien Nadel, dafs sie mit einer der Intensität des Feldes entsprechenden Kraft in die Richtung der Kraftlinien hineingezogen wird und so als Zeiger für diese Richtung dient, findet bei den erdmagnetischen Messungen eine wesentliche Verwertung. Der Einfachheit halber mag ein Magnet, der sich in der horizontalen Ebene frei um eine vertikale Achse bewegen kann, als Kompafsnadel und ein Magnet, der in einer vertikalen Ebene frei beweglich um eine horizontale Achse ist, als Inklinations- oder Neigungsnadel bezeichnet werden. Denjenigen Pol einer Kompafsnadel, der im Erdfeld nach Norden zeigt, nennt man den Nordpol der Nadel. Da die Kraftlinien mit gleicher Polrichtung nebeneinander herlaufen und gegenseitig wie Magnete wirken, so werden sie sich naturgemäfs nach Möglichkeit abzustofsen suchen. Es ist deshalb klar, dafs die Intensität des Feldes an den Polen, wo die Kraftlinien zwangsweise austreten, am gröfsten, dagegen seitlich zur Mitte des Magneten am kleinsten sein wird.

2. Die ganze Erde verhält sich nun wie ein grofser Magnet. Von dem Verlauf der Kraftlinien über die Erdoberfläche gewinnt man näherungsweise eine Vorstellung, wenn man mit einer runden, magnetischen Stahlscheibe, deren Pole sich diametral gegenüberliegen, den analogen Versuch mit dem Eisenpulver anstellt. Die erdmagnetischen Kraftlinien nach Richtung und Intensität, sowie auch nach Ort und Zeit zu messen, ist die erste Aufgabe des Erdmagnetismus.

Das Studium dieser Erscheinungen hat zur Einführung folgender Bezeichnungen geführt:

1. Der magnetische Meridian ist die Richtung der magnetischen Achse einer Kompafsnadel.
2. Die magnetische Deklination oder Mifsweisung ist der Winkel d, welchen der magnetische Meridian mit dem astronomischen am Beobachtungsort bildet. Man unterscheidet eine westliche und eine östliche Deklination, je nachdem die Nordrichtung des magnetischen Meridians westlich oder östlich zum astronomischen Meridian verläuft. Neuerdings pflegt man wohl nur von einer östlichen Deklination zu sprechen, indem man die Deklination durch Ost von 0—360° zählt oder, was dasselbe ist, die östliche Deklination von 0—180° als negativ bezeichnet. Dies ist bedingt durch die rechnerische Weiterverwendung der Resultate.

3. Die **Inklination** oder Neigung ist der Winkel J, welchen die Richtung der Kraftlinien mit dem Horizont bildet.
4. Die **Totalintensität** T ist die Feldstärke in der Richtung der Kraftlinien.
5. Die **Horizontalintensität** H ist die horizontale Komponente von T.
6. Die **Vertikalintensität** V ist die vertikale Komponente von T.
7. Die **Nord-Süd-Komponente** X.
8. Die **Ost-West-Komponente** Y.

Zwischen diesen Gröfsen bestehen die einfachen trigonometrischen Beziehungen:

$$H = T \cos J \quad \ldots\ldots \quad 1)$$
$$V = T \sin J \quad \ldots\ldots \quad 2)$$
$$X = H \cos d = T \cdot \cos J \cos d \quad 3)$$
$$Y = H \sin d = T \cdot \cos J \sin d \quad 4)$$

J und d sind als Winkelgröfsen durch Grade und deren Teile definiert. Die weiterhin benutzte Einheit der Intensität entspricht dem sogen. absoluten Mafssystem (C. G. S.-System), in dem als Einheit der Länge das Zentimeter, als Einheit der Mafse das Gramm und als Einheit der Zeit die Sekunde mittlerer Sonnenzeit gilt. Gaufs verwandte zu seinem absoluten System (G. E.) Millimeter, Milligramm und Sekunde als Einheiten. Die hiernach berechneten Intensitäten sind zehnmal gröfser als die entsprechenden C. G. S.-Werte [1]). Die magnetische Intensität hat die Dimension $C^{-\frac{1}{2}}\, Gr^{\frac{1}{2}}\, S^{-1}$. Da man Intensitätswerte von der Gröfsenordnung 0.00001 C. G. S. häufig benutzt, hat Eschenhagen hierfür die Bezeichnung 1 γ eingeführt. Für 1 C. G. S. empfiehlt Schmidt die Bezeichnung 1 Γ.

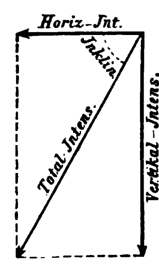


Fig. 1.

Ein magnetisches Feld ist vollständig bestimmt, wenn wir imstande sind, für jeden Punkt desselben 1. die Richtung und 2. die Intensität der Kraftlinien anzugeben. Um diese Gröfsen für einen Ort zu bestimmen, wird stets die Beobachtung der Deklination notwendig sein, dagegen können wir unter den von 3—6 genannten Elementen zwei beliebige auswählen und

[1]) Wegen der in England gebräuchlichen Einheit siehe Erläuterungen und Ergänzungen zu diesem Werke.

diese messen, da sich alles übrige durch die in den Gleichungen 1 und 2 angeführten Beziehungen daraus berechnen läſst. Bisher hat man dazu meist die Inklination und die Horizontalintensität benutzt, aus dem einfachen Grunde, weil dafür die Meſsmethoden am besten durchgebildet sind, so daſs sie am leichtesten die richtigen Werte geben.

Die Gröſsen X und Y sind mehr in theoretischer Erörterung gebraucht; für praktische Zwecke sind die drei erstgenannten, H, V und T, von gröſserer Bedeutung.

Aus den bisherigen Ausführungen können wir schon einige nützliche Folgerungen ziehen, namentlich, wenn wir uns das Bild des Kraftlinienverlaufes vergegenwärtigen, wie es ein Versuch mit dem Eisenpulver und der magnetischen runden Stahlscheibe ergibt. Unmittelbar an einem magnetischen Pol der Erde treten die Kraftlinien senkrecht und am dichtesten aus derselben; die Totalintensität fällt mit der Vertikalintensität zusammen und erreicht ihren gröſsten Wert; die Inklination beträgt 90°, die Horizontalintensität ist nach Gleichung 1) $= T \cos 90^{\circ} = 0$. In der näheren Umgebung des Poles bleiben diese Verhältnisse nahezu bestehen: Totalintensität, Vertikalintensität und Inklination ändern sich nur wenig; die Horizontalintensität ist sehr klein, nimmt aber mit der Entfernung vom Pol schnell zu; die Deklination nimmt rings um den Pol — da derselbe nicht mit dem geographischen Pol zusammenfällt — alle möglichen Werte an, ändert sich also mit einer Ortsveränderung ebenfalls sehr schnell. Infolge der geringen horizontalen Richtkraft wird sich daselbst eine Kompaſsnadel nur mäſsig einstellen. Auf dem Wege zum Äquator nimmt die Neigung der Kraftlinien gegen den Horizont sowie ihre Dichte erst langsam, dann stetig schneller ab. Am magnetischen Äquator selbst verlaufen die magnetischen Kraftlinien horizontal und sind am wenigsten dicht. Vertikalintensität und Inklination sind also daselbst 0. Totalintensität und Horizontalintensität fallen zusammen; erstere hat dabei ihren kleinsten, letztere dagegen ihren gröſsten Wert.

Stellen wir uns nun vor, daſs die ganze Erde überall vollkommen genau magnetisch vermessen wäre, so könnten wir an einem beliebigen Punkte der Erde den Ort, wo wir uns befinden, allein durch magnetische Messungen ermitteln. Und zwar würde eine solche magnetische Ortsbestimmung um so bessere Resultate geben, je schneller sich die gemessenen magnetischen Werte in der betreffenden Gegend ändern. Wenn sich z. B. nicht weit vom magnetischen Pol der Deklinationswert für ein Kilometer um einen Bogengrad ändert, und es

wird daselbst die Deklination auf eine Bogenminute genau bestimmt, so ist dadurch der Beobachtungsort in einer Richtung von $\frac{1000}{60}$ oder rund 17 m festgelegt; ändert sich dagegen viel weiter zum Äquator die Deklination für 1 km nur um 1′, so gibt eine gleich genaue Deklinationsmessung den Ort in der entsprechenden Richtung nur auf 1 km genau an.

In der Nähe der magnetischen Pole werden demnach für eine magnetische Ortsbestimmung Deklination und Horizontalintensität am wichtigsten sein; die Messung der Inklination hat daselbst nur geringe Bedeutung, und zwar nicht nur deswegen allein, weil sich die Inklination in dem Gebiete nur wenig ändert, sondern schon aus dem Grunde, weil sie aus den ganz roh gemessenen Werten von V und H immer noch genauer zu berechnen als zu beobachten ist. Zu einer sehr genauen Bestimmung von V fehlen vorläufig noch die Methoden; solche Messungen müſsten aber schon mit gröſster Schärfe ausgeführt werden, weil dort die charakteristische Änderung der Vertikalintensität von Ort zu Ort nur einen geringen Teil des hohen absoluten Wertes von V ausmacht.

Soll umgekehrt eine magnetische Messung erst Material liefern für unsre Kenntnis der erdmagnetischen Verhältnisse, so müssen wir wissen, wo auf der Erde die Messung geschah. Die Verwertung der magnetischen Resultate bedingt ja, daſs wir sie in eine bestimmte Beziehung setzen zu dem durch Länge und Breite definierten Beobachtungsort, d. h. zu dessen geographischen Koordinaten. Diese gegenseitige Beziehung führt dazu, den Grundsatz aufzustellen, daſs bei jeder Beobachtung die geographische Ortsbestimmung der magnetischen Messung mindestens gleichwertig sein muſs.

Nachdem Gauſs durch grundlegende Arbeiten die theoretische Anschauung über den Erdmagnetismus auf festere Grundlagen gebracht hatte, wäre es unschwer, die magnetischen Verhältnisse der Erde durch Messungen an wenigen Orten klar zu stellen, wenn die ganze Masse der Erde mit Einschluſs ihrer Atmosphäre sowohl für elektrische Ströme, die magnetische Wirkungen in der Erde hervorrufen können, als auch namentlich für den magnetischen Kraftlinienfluſs selbst überall vollkommen gleichmäſsig beschaffen wäre. Jeder Mangel an Gleichmäſsigkeit wird dagegen bewirken, daſs die Kraftlinien nicht normal verlaufen und sich an der Oberfläche der Erde bald mehr zusammendrängen, bald ihre normale Dichte nicht erreichen. Da nun ganz besonders Eisen und seine mag-

netischen Verbindungen einerseits eine sehr bedeutsame Rolle spielen, anderseits diese Erze aber ganz ungleichmäfsig über die Erde verteilt sind, so ist es klar, dafs schon hierin ein Grund für beträchtliche Abweichungen der erdmagnetischen Kraftlinien von ihrem normalen Verlauf liegen kann. Umgekehrt werden dann aber die durch erdmagnetische Messungen gefundenen Abweichungen besonders geeignet sein, uns auch da noch wertvolle Fingerzeige über die geologischen Verhältnisse im Erdinnern zu geben, wo andre Mittel hierzu vollkommen versagen. Gewifs ein mächtiger Anreiz zur erdmagnetischen Forschung! Zur Beleuchtung des Gesagten mag nur angeführt werden, dafs im Königreich Preufsen die bei weitem stärksten magnetischen Störungen, was Ausdehnung und Intensität betrifft, in Gegenden vorkommen, die sonst das gar nicht vermuten lassen, nämlich in Ost- und Westpreufsen und an der hinterpommerschen Küste. Die Bedeutung dieser Erkenntnis für die geologischen Verhältnisse jenes Gebietes liegt auf der Hand.

Die erdmagnetischen Karten. Infolge der starken Unregelmäfsigkeiten im Verhalten der erdmagnetischen Kraftlinien sind solche Karten von gröfstem Werte, welche die magnetischen Verhältnisse der Erde zur Darstellung bringen. Indem man auf diesen Karten jene Orte, die für ein bestimmtes erdmagnetisches Element denselben Wert haben, durch Linien miteinander verbindet, erhält man ähnliche Liniensysteme wie die Linien gleicher Länge und gleicher Breite auf den geographischen Karten. Nur sind die magnetischen Linien vielfach sehr unregelmäfsig. Man nennt

Isogonen	die Linien	gleicher	Deklination,
Isoklinen	„	„	„	Inklination,
Isodynamen	„	„	„	Intensität.

Die Isogonen sind mit den Längenlinien, die Isoklinen und Isodynamen mit den Breitenlinien vergleichbar. Gaufs selbst hat im Verein mit W. Weber den ersten derartigen Atlas des Erdmagnetismus für das Jahr 1830 herausgegeben. Da jedoch, seitdem das Beobachtungsmaterial andauernd ganz bedeutend vermehrt und verbessert wird, und da die erdmagnetischen Werte — wie wir gleich sehen werden — beträchtliche zeitliche Veränderungen erfahren, so ist es notwendig, stets die neuesten Karten zu benützen; als solche sind die von Dr. von Neumayer für verschiedene Epochen entworfenen Karten von allen Fachleuten geschätzt. Für den Forschungsreisenden haben solche Karten den grofsen Nutzen, dafs er sich schon im voraus über die magnetischen Ver-

hältnisse in seinem Beobachtungsgebiete genügend orientieren und sein Instrumentarium dem anpassen kann. Für ein solches Gebiet lassen sich dann vorher bequeme Reduktionstabellen aufstellen, mit deren Hilfe die Endresultate aus den Beobachtungswerten leicht abzuleiten sind. Da es in erster Linie darauf ankommt, für ein Forschungsgebiet magnetische Werte von allgemeiner Bedeutung zu erhalten, werden solche Orte, an denen starke, aber eng begrenzte magnetische Lokalstörungen, die durch eisenhaltige Teile im Erdinnern bedingt sind, für eine Messung nicht geeignet sein. Es ist deshalb gut, bei der Auswahl eines Beobachtungsortes eine geologische Karte zu Hilfe zu ziehen, wenn dies möglich ist. Andernfalls wird es in solchen Gegenden, welche derartige Störungen erwarten lassen, gut sein, die Horizontalintensität an einigen Punkten der näheren Umgebung zu beobachten. Die Horizontalintensität ist deswegen dazu besonders geeignet, weil die Messungsmethode recht genaue und leicht übersehbare Ergebnisse liefert. Sehr anzuempfehlen ist, sich durch in der Gegend bekannte Geologen, die über die Anwesenheit von basitischen Gesteinen, Basalten, Melaphyren usw., auch nach der Tiefe hin Aufschlufs erteilen können, des näheren beraten zu lassen.

II. Örtliche und zeitliche Verschiedenheit des Erdmagnetismus.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich schon, dafs die Werte der erdmagnetischen Elemente, wie sich das aus dem Verlauf der Kraftlinien und der in den Karten niedergelegten magnetischen Linien ergibt, auf der Erdoberfläche sehr verschieden sind. Es wurde schon der Beziehungen der magnetischen Linien zu den geographischen Koordinaten gedacht und hervorgehoben, dafs das Wesen einer erdmagnetischen Vermessung darin besteht, dafs man die erdmagnetischen Elemente für einen bestimmten Punkt der Erde genauestens bestimmen kann. Auch die Ähnlichkeit zwischen dem Verlauf der geographischen Breitengrade und den magnetischen Linien wurde hervorgehoben. Es mögen nun noch einige andere Linien erwähnt werden, die namentlich in theoretischer Beziehung eine bestimmte Bedeutung haben. Duperrey hat zuerst magnetische Meridiane, d. h. Meridianlinien des Magnetismus, für die ganze Erde entworfen. Wenn man von einem Punkte der Erde, stets der Magnetnadel folgend, über dieselbe

fortschreitet, bis man wieder zum Ausgangspunkte zurückkehrt, so hat man einen magnetischen Meridian beschrieben, der die magnetischen Pole der Erde durchschneidend wieder in sich zurückkommt. Der Winkel zwischen dem magnetischen und astronomischen Meridian gibt also in einem jeden Punkte der Erde die Deklination für denselben an. Mit diesem Kurvensystem hängen die magnetischen Parallelen zusammen; es sind das Linien, die allenthalben auf der Erde, wo sie einen magnetischen Meridian durchschneiden, auf diesem senkrecht stehen. Wenn man daher von einem Punkte ausgeht und auf einem so beschriebenen magnetischen Parallelkreis weitergeht, kehrt man wieder zu dem Ausgangspunkt zurück. Diese Linien, deren man sich begreiflicherweise eine unendliche Anzahl auf der Erdoberfläche denken kann, nennt man auch magnetische Gleichgewichtslinien oder magnetische Äquipotentiallinien. Es wird bei der Verwertung magnetischer Beobachtungen im Schlufskapitel auf diese Linien zurückgekommen werden, da wo von den bezeichneten Liniensystemen der Karten die Rede sein wird.

Aber nicht nur in diesen allgemeinen terrestrischen Beziehungen liegt die örtliche Verschiedenheit begründet, es gibt vielmehr auch noch andre örtliche Abweichungen der magnetischen Elemente, die von der geologischen Gestaltung der Erdkruste, der Konfiguration der Kontinente und dem Verlauf grofser Gebirgsmassen bedingt sind. Das Endziel einer magnetischen Aufnahme im weiteren Sinne liegt erstens in dem Feststellen der Beziehungen zwischen Erdgestaltung und Erdinnern überhaupt, zweitens in dem Feststellen der Beziehungen der Einflüsse, die von, nennen wir es Lokalgestaltungen, abhängen.

Was nun die Sicherheit der magnetischen Reisebeobachtungen in dem Verfolgen des genannten Endzieles beeinträchtigt, sind die ständigen zeitlichen Veränderungen der erdmagnetischen Verhältnisse. Die beste Messung an einem scharf bestimmten Orte verliert sehr an Wert, wenn wir nicht zugleich über die an dem Orte stattfindenden Schwankungen in den Werten der Elemente Bescheid wissen. An einem magnetischen Observatorium ist es die Hauptaufgabe, diese Schwankungen andauernd auf das genaueste zu verfolgen. Zu dem Zweck werden dieselben mittels geeigneter Instrumente fortlaufend beobachtet oder registriert und die absoluten Beträge der Elemente bestimmt. Bis auf beträchtliche Entfernung vom Observatorium verlaufen die Variationen sehr ähnlich; es treten aber allmählich wesentliche Abweichungen auf. In den entlegenen

Gegenden, die häufig das Ziel der Forschungsreisenden sind, wird man die Variationen meist nur mit geringer Annäherung aus den Ergebnissen entfernter Observatorien ableiten können. Dadurch kommen ganz unvermeidliche Fehler in die Resultate. Es ist deshalb im allgemeinen zwecklos, die Messungen genauer auszuführen, als es unsrer Kenntnis der Variationsverhältnisse im Forschungsgebiete entspricht. Die Variationen in den Elementen des Erdmagnetismus sind erstens solche, die sich in langen, oft über Jahrhunderte sich erstreckenden Perioden vollziehen, zweitens solche, die in der Periode des Erdumlaufes um die Sonne alljährlich sich kundgeben und drittens solche, die in Beziehung stehen zur Umdrehung der Erde um ihre Achse. Eine besondere Stellung unter den zeitlichen Veränderungen der Erdelemente nehmen die sogenannten magnetischen Störungen ein, deren Ursachen zum Teil noch in völliges Dunkel gehüllt sind.

Die ersteren, die sogenannten Säkularvariationen kennzeichnen sich durch langsame, aber fortdauernde und ziemlich stetige, periodische Veränderungen, und ihre Perioden umfassen einen sehr grofsen Zeitraum. Isogonenkarten für Epochen, die um ein Jahrhundert auseinander liegen, weichen gewöhnlich sehr stark voneinander ab. Für verschiedene Punkte der Erde kann der Verlauf der Säkularvariation ein ganz verschiedener, ja geradezu entgegengesetzter sein.

Es sind Karten entworfen, welche die Änderung der Deklination, bezogen auf ein bestimmtes Jahr, wie dies auf den Karten des Atlasses von Dr. Neumayer geschieht, darstellen. Für wenige Jahre wird man diese Art der Variation als proportional mit der Zeit ansehen können. Ein Extrapolieren, d. h. ein Ableiten über die Epoche hinaus, ist bei dem gänzlichen Mangel an Kenntnis eines Gesetzes bedenklich. Für längere Zeiten kann man sich wohl durch Hinzunehmen quadratischer Glieder in die Formeln etwas helfen; aber auch selbst in einem solchen Falle ist die Beschränkung auf eine kürzere Epoche geboten, indem alle Formeln, die sich auf sehr lange Zeiträume beziehen, sich bisher nicht als zuverlässig erwiesen haben. Dagegen läfst sich beispielsweise der Verlauf der magnetischen Elemente innerhalb des Zeitraumes von 1890 bis 1901 für Potsdam nach Professor Schmidt durch folgende Formeln darstellen:

$$d = -10^\circ\,17.24' + 5.14'(\text{Jahr} - 1896.0) - 0.104'(\text{Jahr} - 1896.0)^2$$
$$H = 18732.2^\gamma + 23.2^\gamma(\text{Jahr} - 1896.0) + 0.19^\gamma(\text{Jahr} - 1896.0)^2$$
$$J = 66^\circ\,39.12' - 1.60'(\text{Jahr} - 1896.0)$$

Diese Säkularvariationen werden dem Gebrauche gemäfs für ein Jahr berechnet und spricht man daher von einem jährlichen Betrag der Säkularänderung oder schlechthin von einer jährlichen Säkularänderung des Elements.

Die Werte der magnetischen Elemente zeigen auch eine regelmäfsige Veränderung im Lauf des Jahres, wie dies unter 2 hervorgehoben ist, und man spricht von einer periodischen Schwankung innerhalb eines Jahres. Diese Schwankung der Deklination ist im allgemeinen sehr gering und pflegt 0.5′ nicht zu übersteigen. Bei der Horizontalintensität beträgt diese Schwankung etwa 10γ und bei der Inklination ist sie in mittleren Breiten nicht viel gröfser als 1′.

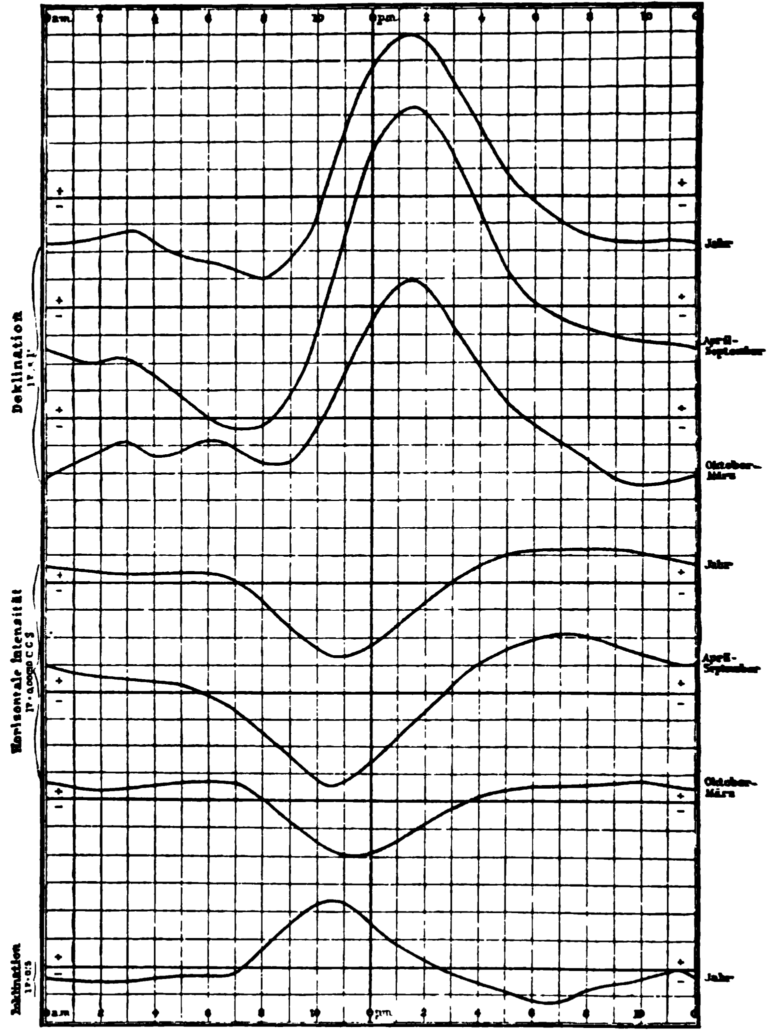
Man erkennt bei der jährlichen Variation durch die Zeit, wann die Extreme auftreten, schon einen gewissen Zusammenhang zwischen dem Stande der Erde zur Sonne; noch deutlicher tritt dies aber bei der täglichen Periode, wie unter Nummer 3 aufgezählt, hervor. Die tägliche Amplitude ist angenähert am gröfsten, wenn die tagsüber von der Sonne zugestrahlte Energiemenge am gröfsten ist und umgekehrt. In Potsdam beträgt die mittlere tägliche Amplitude nach Professor Ad. Schmidt

für Deklination	im Januar		5.2′	im Juli		11.1′
„ Horizontalintensität	„	„	15γ	„	„	43γ
„ Inklination	„	„	1.0′	„	„	2.5′

Unter Zugrundelegung der Ortszeit ist der tägliche Verlauf an allen Orten der Erde insofern ein ähnlicher, als die Zeiten der schnellsten und langsamsten Änderungen, somit auch die Extreme übereinstimmen; die Gröfse der Amplitude kann sehr verschieden sein. Die Richtung der Änderung ist, aufserhalb der Tropen, auf der Süd-Hemisphäre die entgegengesetzte wie auf der Nordhalbkugel. Die Deklination erreicht von 8 bis 9 Uhr den einen extremen Wert und von 1 bis 3 Uhr den andern; am schnellsten ändert sie sich von 11 bis 12 Uhr vormittags. Etwa zur Zeit dieser stärksten Änderung erreichten die Horizontalintensität und die Inklination einen besonders ausgeprägten extremen Wert. Während der Nacht ist diese Schwankung sehr gering und wenig regelmäfsig.

Wir geben hier (Fig. 2) eine Darstellung der täglichen Schwankungen der erdmagnetischen Elemente in Wilhelmshaven, wodurch die vorher gegebenen Erklärungen einigermafsen zur Anschauung kommen.

Streng genommen gelten solche allgemeine Resultate — welche sich auf die ganze Erde beziehen — nicht für die



Tägliche, regelmässige Schwankung der erdmagnetischen Elemente zu Wilhelmshaven im Jahre 1883 (Abweichungen vom Tagesmittel)

Liegt die Kurve oberhalb der stark ausgezogenen zugehörigen Abscissenlinie, so ist der jeweilige Wert des betreffenden erdmagnetischen Elementes grösser als das Tagesmittel, liegt sie unterhalb, so ist er kleiner.

Fig. 2.

Deklination, Horizontalintensität und Inklination, sondern nur für die X-, Y- und V-Komponenten. Hat aber die Deklination einen kleinen Wert, so wird der Unterschied nicht grofs sein. In einzelnen Fällen mufs man jedoch auf die Komponenten zurückgreifen. Ein solcher Fall kann z. B. eintreten, wenn es darauf ankommt, sehr genaue Messungen an einem stark eisenhaltigen Basaltkegel mittels der Variationen eines nicht sehr entfernten und ungestörten Observatoriums weiter zu reduzieren. Die Deklination am Observatorium sei verschwindend klein, dagegen erreiche sie an einem Punkte des Basaltkegels 90°, was durchaus möglich ist[1]). Man übersieht hier nach dem Gesagten sofort, dafs die Schwankungen der Deklination an letzterem Punkte nicht denjenigen der Deklination im Observatorium entsprechen können, sondern denen der Horizontalintensität. Indem man aber für alle Beobachtungspunkte am Basaltfelsen die X-, Y- und V-Komponenten berechnet und an diese die Variationen der entsprechenden Elemente am Observatorium anbringt, erhält man korrekte Resultate.

Ganz anders geartet sind die magnetischen Störungen. Sie treten oft ganz plötzlich und mit einer beträchtlichen Stärke auf. Um sich ein Bild davon zu machen, möge Fig. 3, der Verlauf der östlichen Deklination zu Fort Rae vom 15. Dezember 1882, dienen. Bei der bekannten grofsen Störung am 31. Oktober 1903 wurden zu Potsdam folgende gröfste Abweichungen von den normalen Werten beobachtet:

bei der Deklination	1° 28′ W und	1° 38′ E
„ „ Horizontalintensität . .	$+200\gamma$ „	-700γ
„ „ Vertikalintensität . . .	$+780\gamma$ „	-180γ.

Oft treten starke Störungen auf, wenn grofse Sonnenflecken vorhanden sind, und zeigen wie diese eine 11jährige Periode. Das gleiche gilt von den Polarlichtern, die gewöhnlich mit „magnetischen Ungewittern“ in Verbindung stehen und mit diesen des Abends ungefähr um 9 Uhr am häufigsten auftreten[2]). Deshalb ist es wahrscheinlich, dafs der Ursprung

---

[1]) Siehe Neumayer, Eine erdmagnetische Vermessung der bayerischen Rheinpfalz, Seite 70, Mount Useful, wo die magnetische Deklination 23° 27′ West war, während die ungestörte Kurve dort dieselbe zu 9° 26′ Ost ergeben hatte. (Magnetical Survey of Victoria.)

[2]) Während der grofsen Störungsepoche vom 28. August bis 3. September 1859 waren grofse elektrische Störungen am Observatorium in Melbourne und an der Sternwarte in Bogenhausen zu gleicher Zeit, während Carrington in England auffallende Vorgänge auf der Sonnenoberfläche beobachtete.

eines magnetischen Gewitters vielfach in der Nordlichtzone auf der Stelle liegt, die beim Ausbruch etwa 9 Uhr nachmittags Ortszeit hat. Es ist, als ob dort in das Meer der elektrischen Erdströme plötzlich ein gewaltiger elektrischer Strom aus den obersten Schichten der Atmosphäre herabstürzt, welcher in dem Meer zur Bildung eines mächtigen

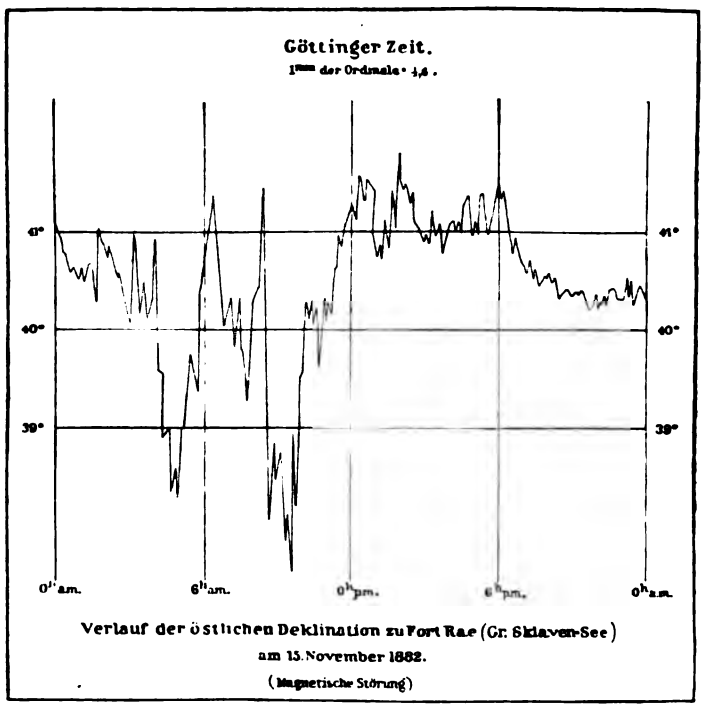


Fig. 3.

Wirbels und von ringförmigen Wellen Veranlassung gibt. Erreichen nun die Wellen einen Ort, so wird im wesentlichen nur die Horizontalintensität und die Deklination stark gestört; geht aber der Wirbel über den Ort hinweg, so übertrifft oft die Störungsamplitude der Vertikalintensität die übrigen. Im allgemeinen wird die Stärke der Störung mit der Entfernung vom Ursprungsort abnehmen. Am Äquator sind die Störungen am geringsten. Da in dem Gebiete der magnetischen

Pole nur kleine Kräfte der Kompafsnadel die Richtung geben, so werden auch kleine Kräfte genügen, um diese Richtung stark zu verändern. Bei magnetischen Störungen werden deshalb dort ganz aufserordentliche Schwankungen der Deklination zu erwarten sein. Will man den Einflufs einer Störung auf eine magnetische Messung eliminieren, so wird man die Richtung der Störung und die Abnahme der Intensität in dieser Richtung zu bestimmen haben, was nicht einfach ist und wozu stets die Resultate mehrerer Registrier-Observatorien verwendet werden müssen.

Winke für die Wahl der Beobachtungszeiten. Aus diesem Verhalten der Schwankungen und Störungen läfst sich der Schlufs ziehen, dafs die Zeiten starker magnetischer Störungen für magnetische Messungen ungeeignet sind. Es wird deshalb gut sein, bei den Sonnenbeobachtungen zu Azimutbestimmungen auf Sonnenflecke zu achten, sowie schätzungsweise ihre Gröfse und ihren Verlauf festzustellen; man gewinnt dadurch einigen Anhalt, wann magnetische Störungen zu erwarten sind. Auch während einer Messung selbst erkennt man eine Störung an den schnellen und starken Änderungen der Einstellungen der Magnete. Dann ist es besser, die Messung selbst zu unterbrechen; es kann aber wohl von Nutzen sein, wenn man dann den Verlauf eines Elementes möglichst andauernd mit dem Reiseinstrument verfolgt. Weniger Bedeutung für die Beobachtungszeit haben die verschiedenen Variationen. Die günstigste Zeit würde immer die sein, zu welcher die geringsten Änderungen stattzufinden pflegen. Dies wird besonders die Nachtzeit sein, und zwar — mit Rücksicht auf die magnetischen Störungen — hauptsächlich die Zeit von 2 Uhr nachts bis zum Morgen. Diese Zeit böte aufserdem noch den erheblichen Vorteil einer verhältnismäfsig konstanten Temperatur. Aus andern praktischen Gründen wird aber diese Zeit nicht leicht benutzt werden können. Am Tage selbst wird es vorteilhaft sein, die Zeiten der Extreme der täglichen Schwankungen zu benützen. Zu diesen Zeiten ändern sich die magnetischen Werte ebenfalls nur schwach, und man erhält so noch einen wertvollen Anhalt für die Amplitude der täglichen Schwankung am Beobachtungsort. Auch sonst wird es gut sein, den Verlauf der Tagesschwankung, wo es nur geht, recht genau mit den Reiseinstrumenten festzustellen. Demnach eignet sich als Zeit zur Beobachtung:

für die Deklination 8 Uhr vorm. und von 1—3 Uhr nachm.
„ „ Horizontalintensität 10—12 Uhr vorm. und 8 Uhr nachm.
„ „ Inklination 10—12 Uhr vorm. und 6—8 Uhr nachm.

Unter allen Umständen ist es aber infolge dieser zeitlichen Veränderungen erforderlich, im Protokoll einer Messung nicht nur das Datum, sondern auch für jede Einstellung Stunde und Minute anzugeben.

III. Allgemeine Vorschriften beim Beobachten.

Die erste von den beiden Hauptaufgaben einer vollständigen magnetischen Messung besteht darin, die Richtung der Kraftlinien zu ermitteln. Die bisherigen Ausführungen lassen den Weg hierzu klar erkennen. Am Beobachtungsort P wird zuerst eine Kompaſsnadel zur Einstellung gebracht, und so unter der Voraussetzung, daſs die Nadel keine Kollimation (siehe unten) hat, der magnetische Meridian PM gefunden. In der Vertikalebene dieses Meridians (Fig. 4) läſst man dann eine Inklinationsnadel sich einstellen, deren magnetische Achse die Richtung der Kraftlinien PF am Orte ergibt. Um diese Richtung zahlenmäſsig festzustellen, müssen wir noch den astronomischen Meridian PN kennen. Der Winkel MPN ist die Deklination d, der Winkel $M'PF$ die Inklination J. Sind diese Winkel bekannt, so können wir — vom astronomischen Meridian ausgehend — die Richtung der Kraftlinien unmittelbar finden. Hier diente die frei bewegliche Nadel als Zeiger für die Richtung der Kraftlinien; es könnte aber auch diese Richtung mittels eines elektrischen Stromes in einem Metalldraht ermittelt werden, worauf wir aber, als nicht unmittelbar zu den Reisebeobachtungen gehörig, hier nicht näher eingehen können. Es mag genügen, darauf hingewiesen zu haben.

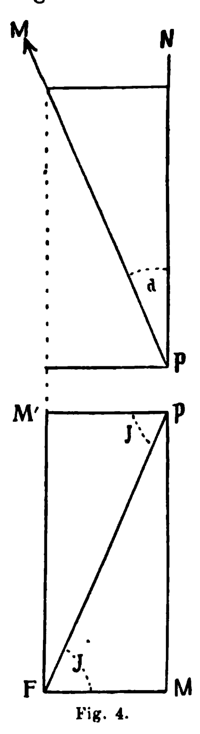


Fig. 4.

Es ist schon genugsam betont worden, daſs die Wahl eines Ortes für magnetische Beobachtungen mit besonderer Rücksicht auf die geologische Formation und die Verteilung von Eisen oder sonstigen magnetischen Metallen in der Umgebung geschehen muſs. Allein noch in anderer Hinsicht erfordert diese Auswahl besondere Rücksichtnahme. Da die Beobachtungen auf Reisen im allgemeinen im Freien angestellt werden müssen und klugerweise auch, wenn keine besonderen mag-

netischen Observatorien vorhanden sind, angestellt werden, so hat man besonders Bedacht darauf zu nehmen, dafs am Beobachtungsorte die Möglichkeit gegeben ist, die geographischen Koordinaten oder doch ein astronomisches Azimut zu bestimmen, Rücksichten, die in Wegfall kommen, wenn man Position und Azimut aus terrestrischen, wohlbestimmten Punkten ableiten kann. Die Forderung der Möglichkeit, Himmelsobjekte für den bezeichneten Zweck benützen zu können, bedingt, dafs man eine freie Himmelsansicht hat, während anderseits Schutz gegen die Elemente, gegen direkte Sonnenbestrahlung, eine für das Gelingen der Beobachtung nicht unwesentliche Vorbedingung ist. Aus dem Gesagten geht hervor, dafs es nicht unter allen Umständen leicht ist, einen für die Beobachtungen geeigneten Ort zu wählen. Eine der ersten Erwägungen ist, mit Rücksicht hierauf die Frage, ob es nicht förderlicher ist, wenn das Instrument zur Bestimmung von Zeit, Breite und Azimut ganz von dem magnetischen Theodoliten getrennt zu halten ist, was den grofsen Vorteil bietet, dafs man den Theodoliten unter Bäumen im Schatten und gegen die Ungunst der Witterung geschützt, aufzustellen vermag, ferner dafs keinerlei Stahlteile, auch nur zeitweise, an den Theodoliten für magnetische Bestimmung gebracht werden. Die besonderen Eigenschaften astronomischer Instrumente erheischen ein härteres Material, wodurch nur allzuleicht die Möglichkeit der Einmengung von Eisen- und Nickelspänen gegeben wird. Auch sonst hat das Getrennthalten beider Instrumente für den Fortgang der Arbeit erheblichen Vorteil. Jeder in solchen Beobachtungen Erfahrene weifs, dafs man nur allzuleicht, wartend auf die Gelegenheit astronomischer Beobachtungen, durch vorübergehende Bewölkung usw. in der Arbeit gestört wird, welche Lücken durch Ausführung magnetischer Beobachtungen sehr leicht ausgenützt werden können. Das Übertragen des Azimuts auf den in passender Entfernung aufgestellten Theodoliten ist aufserordentlich einfach und sicher. Es wird später noch auf diesen Gegenstand zurückgekommen werden müssen.

In den meisten Fällen wird es erforderlich sein, die magnetischen Beobachtungen unter einem zweckmäfsig eingerichteten Zelte auszuführen. Der Schutz, der durch ein solches Zelt gegen Sonnenschein, Regen und Wind gewährt wird, ist für die Güte der Beobachtungen von hohem Werte; namentlich können Schwingungsbeobachtungen zu Intensitätsbestimmungen ohne einen solchen Schutz nur schwer ausgeführt werden. Dem magnetischen Beobachter ist es auch von hohem Werte, durch die Zudringlichkeit Neugieriger nicht in dem Fortgang

der Arbeit gestört zu werden. Diese störende Neugierde ist selbst unter Naturvölkern recht hindernd für den Fortgang und mufs dagegen mit Takt und Verständnis der Natur dieser Völker vorgegangen werden. Auch in Kulturländern ist es oft recht schwierig, sich gegen Eindringlinge zu schützen, ebenso wie es schwierig ist, die störenden Einflüsse des gewöhnlichen Verkehrslebens auszuschliefsen. Alles dieses zu erwägen und die entsprechende Fürsorge zur Abhilfe zu treffen, mufs eine der ersten Aufgaben des vorsichtigen Beobachters sein. Als selbstverständlich darf wohl angenommen werden, dafs man bei Aufstellung des Statives alle Sorgfalt darauf zu verwenden hat, damit die Beständigkeit der Aufstellung und namentlich die Unveränderlichkeit der Kollimation (Nordpunkt des Kreises) des Instrumentes während der Messung gewährleistet wird. Dafs man sich stets durch Anvisierung gut einzuschneidender Gegenstände von der Unverändertheit der Aufstellung zu versichern hat, ist ebenso selbstverständlich. Bei der Besprechung der Beobachtungsmethoden und der Beschreibung der Instrumente wird noch Gelegenheit geboten sein, auf die einzelnen hier berührten Punkte zurückzukommen.

Der Reisende hat vor allem, gerade bei dem Transport der magnetischen Apparate, Sorge dafür zu tragen, dafs die Magnete in keiner Weise durch Feuchtigkeit oder durch Induktion, ausgeübt von in der Nähe liegenden Eisenmassen, in der Konstanz ihrer Eigenschaften beeinträchtigt werden. Was im allgemeinen von astronomischen Instrumenten gesagt werden kann, dafs sie nicht durch übermäfsiges Erschüttern und Herumwerfen beschädigt werden dürfen, gilt ganz besonders für Apparate zu erdmagnetischen Zwecken.

IV. Die Beobachtungsmethoden.

1. Die magnetische Deklination.

Die einfachste Methode der Bestimmung der Deklination geschieht mit Hilfe eines guten Azimutalkompasses, wie derselbe schon in dem Abschnitt von Aufnahmen des Reiseweges und Geländes beschrieben worden ist (S. 86 und 87). Dieser Apparat kann auch in einer viel vollkommeneren Weise hergestellt werden, wenn es sich darum handelt, genauere Beobachtungen zu machen. Bei diesen Instrumenten ist es vor allem von Wichtigkeit sich zu versichern, dafs die mechanische Achse der Nadel, nach welcher die Ablesung geschieht, zusammenfällt mit der magnetischen Achse der Nadel. Ist dies

nicht der Fall, so ist eine Kollimation der Achse vorhanden, welche bestimmt oder eliminiert werden mufs, um ein durchaus zutreffendes Ergebnis zu erhalten. Um dies zu erreichen, d. h. um die Ablesung der Nadel frei von der Kollimation zu haben, mufs die Nadel umlegbar gemacht sein: man mufs eine Ablesung nehmen mit der einen Seite der Nadel nach oben und eine zweite Ablesung mit der andern Seite nach oben. Aus Figur 5 ist ersichtlich, dafs, wenn die Achse in

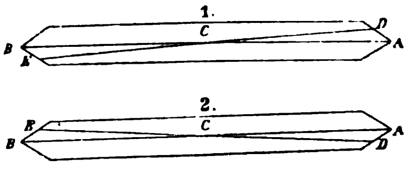


Fig. 5.

der einen Lage (1 oben) von A nach D links abweicht, sie in der andern Lage (2 oben) um genau ebenso viel von A nach D rechts abweichen mufs. Dabei ist vorausgesetzt, dafs die Teilung stets in demselben Sinne rund um den Kreis angenommen wird. Nimmt man von zwei solchen Ablesungen das Mittel, so erhält man eine mittlere Ablesung, die frei ist von dieser Kollimation; die halbe Differenz solcher Ablesungen ist der Wert der Kollimation, der entweder plus oder minus ist, d. h. im Sinne der Teilung die Ablesung entweder zu klein oder zu grofs gibt und an jede Lage der Ablesung je nachdem mit plus oder minus anzubringen ist, um die Ablesung der kollimationsfreien Lage zu erhalten. Um dies zu ermöglichen, ist es nötig, die Einrichtung zu treffen, dafs man die Ablesung der Nadel in jeder der beiden Lagen einfach und leicht bewirken kann. Ist der Magnet zu Zwecken der Beobachtung an einem Faden aufgehängt, so kann dies durch zweckentsprechende Einrichtung ermöglicht werden; jedoch hat man darauf zu achten, dafs der Wert der Torsion des Fadens in jeder der Lagen die gleiche ist, was immerhin einige Schwierigkeiten hat. Ist die Aufhängung des Magneten auf einer Spitze mit entsprechendem Hütchen bewerkstelligt, so hat man nach Angabe von Neumayer das Hütchen so zu konstruieren, dafs es, mit der Fassung in dem Magnete sitzend, genau parallel mit seiner Achse verschoben werden kann, wodurch es möglich wird, die Lage des Magneten mit der einen Seite bald nach oben, bald nach unten, mit der Spitze über dem Teilkreise schwebend zu beobachten. Einfach, wie die Sache an sich ist, ist es zu ver-

wundern, dafs man nicht früher darauf kam, diese Beobachtungsmethode zu ermöglichen, welche doch allein die Gewähr bietet. eine kollimationsfreie Nadelablesung zu erhalten. Diese Anordnung, die auch an den Kompassen von Schiffen für die sogen. Normalrosen Anwendung fand, wird nun, wie wir sehen werden, nicht nur bei den Deklinationsbestimmungen, sondern auch bei der Bestimmung der Horizontalkomponente durch Ablenkung in Anwendung gebracht; dazu ist es vor allem notwendig, dafs Pinne und Hütchen zur Aufhängung mustergültig hergestellt und die ersteren stets gut spitz erhalten werden können. Zu letzterem Zwecke ist einem Apparate mit dieser Nadelaufhängung ein einfacher Schleifapparat beizugeben, der bei dem gelegentlichen Stumpfwerden der Spitze zur Anwendung gebracht werden kann, damit die zur leichten und völlig freien Bewegung der Nadel erforderliche Schärfe hergestellt werden kann.

Um einen höheren Grad der Genauigkeit der Einstellung in der Richtung der Achse der Nadel zu ermöglichen, wendet man ein Fernrohr an, das am Okularende mit einem Beleuchtungsprisma versehen ist, welches die von oben einfallenden Lichtstrahlen an einem Faden vorüber nach der Fläche eines mit dem zu beobachtenden Magneten fest verbundenen kleinen Spiegels wirft. Steht die Fläche dieses Spiegels (Fig. 6) genau



Fig. 6.

senkrecht auf der magnetischen Achse der Nadel, so mufs das zurückgeworfene Bild des beleuchteten Fadens mit dem Faden selbst zusammenfallen. Sonst ist auch in diesem Falle, wie die obenstehende einfache Zeichnung erweist, eine Kollimation vorhanden. Die Senkrechtstellung der Spiegelfläche auf die mechanische Achse der Nadel ist einfach zu bewerkstelligen; die Abweichung der magnetischen Achse von der mechanischen mufs auch in diesem Falle ermittelt werden. Bei der Fadenaufhängung des Magneten, wie dies bei den älteren Lamontschen Apparaten der Fall ist, hat dies, wie schon angedeutet, einige Schwierigkeiten, aus welchem Grunde es vorgezogen wird, die Umlegbarkeit der Nadel aufzugeben und die Bestimmung des Wertes der Kollimation für die einzig mögliche Lage durch Vergleichung mit Normalinstrumenten, d. h. mit solchen, welche die Lage des Magneten frei von Kollimation

zu geben vermögen, nach Gröſse und Richtung (algebraisches Vorzeichen), zu ermöglichen. Bei der von Neumayer angegebenen Einrichtung, wonach das dem Fernrohre zugewendete Ende der Nadel mit einem kleinen, mit derselben fest verbundenen Spiegel versehen ist, ist es auch möglich, mittels Spitze und Hütchens eine kollimationsfreie Ablesung zu erhalten, ohne auf die gröſsere Feinheit der Ablesung mittels Fernrohrs und Spiegels verzichten zu müssen. Der Mechaniker C. Bamberg in Berlin hat sich zuerst das Verdienst erworben, Kompaſsrosen nach den angegebenen Grundsätzen herzustellen, während G. Hechelmann in Hamburg diese zuerst bei dem Lamontschen Reisetheodolit auch für alle Gattungen der Beobachtungen eingerichtet hat.

Bei Fadenaufhängung spielt die Torsion, die Drehneigung und die Richtung der Nulltorsion in dem Faden, eine wichtige Rolle, weil ohne eine Kenntnis derselben eine Bestimmung der Ablesung der magnetischen Achse der Nadel nicht möglich ist. Zur Ermittelung der Torsion müssen an dem Apparate besondere Vorrichtungen angebracht sein. Hier auf eine Beschreibung derselben einzugehen, würde zu weit führen, und mag mit Rücksicht hierauf füglich auf Spezialwerke darüber, wie Lamont, „Handbuch des Erdmagnetismus“, Seite 110 ff., verwiesen werden. Dort findet sich auch angegeben, wie aus Ablenkungsbeobachtungen der Wert der Torsion zu ermitteln ist, was namentlich auf Seite 115 des angeführten Werkes angegeben wird. Bei Theodoliten für Reisezwecke sollte nur die Aufhängung auf Spitzen in Anwendung kommen, da jetzt die von Lamont (Seite 107) bei dieser Aufhängung vermuteten Störungen genügend unschädlich gemacht werden können.

Bestimmung der Lage des astronomischen Nordpunktes auf einem Teilkreise (Kollimation des Kreises). Zur Bestimmung der magnetischen Deklination bedarf man der Lage des Nordpunktes auf dem mit der Magnetnadel verbundenen Teilkreis, damit aus der Differenz der Lage des astronomischen und des magnetischen Nordpunktes das Gewünschte abgeleitet werden kann. Dieses kann geschehen:

1. durch astronomische Beobachtungen,
2. durch terrestrische Beobachtungen.

1. Bei der Ermittelung der Lage des astronomischen Nordpunktes des Kreises ist zuerst die Frage, ob das dafür erforderliche Instrument, wie in der Einleitung bereits hervorgehoben wurde, unabhängig von dem magnetischen Theodoliten aufgestellt oder damit verbunden ist, zu erwägen. Für den

ersten Fall verweisen wir hinsichtlich der Bestimmung des Nordpunktes der Nadel auf jenen Teilabschnitt dieser „Anleitung" (Seite 71 ff. oder Seite 90 ff.), wo von den Azimutbestimmungen die Rede ist. Die Übertragung des astronomischen Meridians auf das magnetische Reiseinstrument hat durch Visieren von dem einen Instrument zum andern und Einstellen auf die beiden Fäden zu geschehen, und zwar in beiden Lagen des Kreises des astronomischen Instrumentes.

Ist die Vorrichtung zu dieser Bestimmung an dem Reisetheodoliten selbst, wobei übrigens nochmals hervorzuheben ist, dafs sorgfältig die Anbringung aller eisenhaltigen Gegenstände zur Befestigung dieses Instrumentes vermieden werden mufs, so hat man in diesem Falle besonders darauf zu achten, dafs nicht durch eine Beobachtung eines vom Horizonte weit entfernten Gestirnes Fehler der Ablesungen dadurch bedingt werden, dafs sich das Fernrohr nicht in einer genau vertikalen Ebene bewegt. In Rücksicht hierauf ist es rätlich, bei der den Lamontschen Theodoliten eigenen Bauart, auf Gegenstände in der Nähe des Horizontes sich zu beschränken. Hierzu gehören auch die Bestimmungen des astronomischen Azimuts eines entfernten Objekts, welches mit dem magnetischen Theodoliten anvisiert werden kann, eine Methode, die häufig bei nautischen Vermessungen angewendet wird, und worüber in Werken über Schiffahrtskunde das Nähere nachgesehen werden kann.

Begreiflicherweise hat man darauf zu achten, dafs man die Beobachtung des Azimuts genau von der Mitte des Theodoliten mittels des Reflektionsinstrumentes macht, d. h. dafs die Mitte des letzteren mit dem Zentrum des Theodoliten zusammenfällt.

2. Werden die magnetischen Beobachtungen, und hier im besonderen die magnetische Deklination, innerhalb eines geodätisch vermessenen Systems, in welchem also die Koordinaten bestimmt sind, ausgeführt, so kann man durch Anvisieren von in ihrer Lage genau bestimmten Punkten das Azimut derselben und daraus die Lage des Nordpunktes auf dem Kreis bestimmen. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dafs die Lage der hierzu benutzten Punkte nach ihren geographischen Koordinaten oder nach den Koordinaten des betreffenden Systemes genauestens gegeben sein mufs. Kennt man die Lage von drei festen Punkten, so kann jene eines jeden vierten Punktes im allgemeinen durch Rechnung ermittelt werden, wenn man die Winkel mifst, welchen die Richtungslinien, die vom vierten Punkte nach den drei ersteren gezogen werden,

einschliefsen. Aufserdem ergibt die weitere Rechnung das Azimut dieser Richtungslinien gegen den astronomischen Meridian, der durch den vierten Punkt geht, d. h. die Winkel, welche dieser Meridian mit den drei Richtungslinien bildet. Näheres über diese Rechnung findet man in „Jordans Taschenbuch der praktischen Geometrie" Seite 121—129, Kapitel VIII. Auch findet sich dort die Rechnung nach Pothenot, die hierbei, wenn auch etwas umständlicher, mit Vorteil angewendet werden kann. Hat man vier oder mehr Punkte anvisiert, so kann man ein Ausgleichungsverfahren anwenden, um aus den Koordinaten eines Systems ohne Hilfe astronomischer Beobachtungen die Lage des astronomischen Meridians auf dem Kreise und daraus also die magnetische Deklination abzuleiten. Es ist schon aus diesem Gesichtspunkte den Reisenden zu empfehlen, sich über den Stand der geodätischen Vermessungen, die ja heutzutage in den meisten Kulturländern sehr weit fortgeschritten sind, zu orientieren und sich in den Besitz eines genauen Koordinatennetzes des betreffenden Systems zu setzen. Kennt man die Lage des Nullpunktes des Systems zu den geographischen Koordinaten, so ist aus den gegebenen Koordinaten Länge und Breite nach bestimmten Formeln leicht zu ermitteln. Wenn beispielsweise die Lage des Nullpunktes des Systems, des Frauenturmes in München, $48^0\ 8'\ 20'' = \varphi$ und seine Länge von Paris $9^0\ 14'\ 14'' = \lambda$, so ist aus den Koordinaten x und y:

$$\varphi = 48^0\ 8'\ 20'' + 1.2616\, x\,(1 + \alpha) - 0.0002563\, y^2 - 0.000000188\, y^2 x$$

$$\lambda = 9^0\ 14'\ 14'' - 1.2565\, y \sec \varphi - 0.000000052\, y^3,$$

wo die Koordinaten nach dem Soldnerschen System genommen sind und α eine kleine Funktion von der Breite φ ist, welche leicht nach einer kleinen Tabelle berechnet werden kann[1]).

Hält sich der Reisende länger an einem Orte auf, so ist es zweckmäfsig, einen festen Punkt für seine magnetischen Bestimmungen auszuwählen und von diesem aus das Azimut eines oder mehrerer Punkte genau zu bestimmen und solche Punkte als Miren für seine Messungen zu benützen. Durch das Anvisieren mehrerer solcher gut bestimmten Miren kann er alsdann mit grofser Sicherheit einen Wert für die Mittellage des astronomischen Meridians auf seinem Theodolitkreis bestimmen.

---

[1]) Lamont, Geographische Ortsbestimmungen in Bayern, Seite 19. Die Soldnerschen Koordinaten sind in bayerischen Ruten gegeben.

Ehe wir diesen Teil der „Anleitung“ verlassen, mufs nochmals besonders auf die Bedeutung hingewiesen werden, welche die Bestimmung des Standes der zu den Beobachtungen benützten Uhr, oder der Uhren, für den Wert aller magnetischen Messungen beanspruchen kann. Es kann dem Reisenden nicht genug empfohlen werden, durch genaue Zeitbestimmung, wozu er die Anleitung in diesem Werke (Abschnitt Ambronn, Seite 37—47) findet, und wo er auch über den Gang der Uhr und das Führen eines Journales darüber die erforderliche Anweisung erhält.

2. Die magnetische Horizontalintensität[1]).

Die absolute Bestimmung der Horizontalkomponente *H* der erdmagnetischen Kraft setzt zwei gesonderte Messungen und dementsprechend auch zwei besondere Apparate voraus.

Der erste Apparat dient zu den Schwingungsbeobachtungen und besteht aus einem Holz- oder Glaskasten mit Glasdeckel und drei Füfsen mit Stellschrauben. In der Mitte des abnehmbaren Glasdeckels ist ein vertikales Messing- oder Glasrohr eingesetzt, das an seinem oberen Ende die in der Höhe etwas verstellbare Befestigungsöse für den Seidenfaden, sowie einen kleinen Torsionskreis besitzt. Am unteren Ende des Seidenfadens ist ein Haken mit Schlitz befestigt, an welchen man den Schwingungsmagneten anhängen kann. Ein durch diesen Schlitz des Hakens und entsprechende Öffnungen in der Röhrenwand gesteckter Stift verhindert eine Torsion des Fadens in unbelastetem Zustande. Auf dem Boden des Kastens befindet sich eine einfache Kreisteilung auf Papier — ganze Grade —, ein kleines Thermometer — ganze Grade — und eine kleine, von aufsen zu hebende Platte oder dergl. zur Beruhigung des Magneten.

Der letztere hat eine Länge von höchstens 60 mm und entweder eine genau zylindrische Gestalt mit ganz kleiner Aufhängeöse in der Mitte, um sein Trägheitsmoment aus dem Gewicht und den Dimensionen durch Rechnung ableiten zu können, oder seine Messingfassung ist zur empirischen Bestimmung des Trägheitsmomentes, sei es mit einer kreisförmigen horizontalen Platte zum Auflegen eines genau gearbeiteten Messingringes, oder sei es mit einer Hülse versehen, in welche parallel zum Magneten ein genau gearbeiteter Messingzylinder

[1]) Wir folgen hier zum Teil den Ausführungen von Wild in der II. Auflage dieser „Anleitung“, I. Band, S. 313 ff. mut. mut.

einzuschieben ist. Zur Aufhebung der Torsion des Fadens wird an Stelle des Magneten ein gleich schwerer Messingkörper, auf den man gegebenenfalls den Messingring oder -Zylinder auflegen kann, befestigt.

Mit dem zweiten Apparate sind die Ablenkungsbeobachtungen auszuführen; es kann dazu ein Azimutalkompafs oder ein magnetischer Theodolit verwendet werden. Über die Konstruktion des letzteren werden wir in der Folge eingehender berichten. Die Beobachtungen mit dem Azimutalkompafs lassen wir hier aufser acht.

Beobachtungen[1]) der Schwingungsdauer. Der Schwingungsapparat wird entweder auf den Theodoliten oder auf das dazu bestimmte besondere Stativ gestellt, die Torsion des Anhängefadens annähernd aufgehoben, der Magnet in den Kasten gehängt und mit den Fufsschrauben so justiert, dafs das Magnetzentrum mit dem Zentrum des geteilten Kreises im Kasten zusammenfällt. Der letztere wird so gerichtet, dafs sein Nullpunkt genau unter den Nordpol des Magneten in seiner natürlichen Gleichgewichtslage fällt. Bei dieser Ruhelage soll die Längsachse (eigentlich die magnetische Achse) des Magneten überdies genau horizontal sein, was am besten durch Biegung der Aufhängeöse erreicht werden kann. Nach dieser Berichtigung des Instruments wird der Magnet vermittels eines Hilfsmagneten um ungefähr 8° von seiner Gleichgewichtslage abgelenkt und zunächst die Dauer von 10 Doppelschwingungen desselben, um diese Gleichgewichtslage nach Entfernung des Hilfsmagneten mit dem Chronometer gemessen. Hieraus berechnet man sofort einen ersten angenäherten Wert der Schwingungsdauer des Magneten und damit die ungefähre Dauer von 5, 10 und 100 einfachen Schwingungen desselben. Dies setzt uns instand, zum voraus mit einer Genauigkeit von 1—2 Sekunden den Eintritt der 5., 10., 15., usw., sowie der 100., 105., 110., 115. usw. Schwingung anzugeben, wenn wir zu der berechneten Dauer von 5, 10, 100 usw. Schwingungen die Zeit der 0. Schwingung hinzulegen. Nachdem daher der Magnet stärker als vorher, etwa 10° oder 12°, aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt worden ist, hat man nur die schon annähernd bekannte Zeit jedes 5. Durchganges durch die Gleichgewichtslage nach dem Chronometer genauer zu notieren, und zwar etwa von der 0. bis zur 45. Schwingung und dann etwa wieder von der 100. bis zur 145. Schwingung. Die Differenzen der ersten und entsprechenden letzten Zahlen

[1]) Nach Wild, Seite 315. 2. Auflage.

geben dann 10 Werte der Dauer von je 100 Schwingungen des Magneten, die abwechselnd je den geraden und ungeraden einfachen Schwingungen entsprechen, und deren Mittel daher von einer allenfalsigen Veränderung des magnetischen Meridians in der Zwischenzeit unabhängig ist. Summieren wir diese Werte, und teilen wir die Summe durch 1000, so werden wir einen sehr genauen mittleren Wert der einzelnen Schwingungsdauer erhalten. Am Anfang und Ende dieser Schwingungsbeobachtung werden aufserdem noch die Temperaturen im Kasten t' und t'' und die Amplitude der Schwingungen a' und a'' notiert: zum Schlusse ist nur erforderlich, noch den Einflufs der Torsionskraft des Aufhängefadens zu bestimmen. Zu dem Ende wird der Magnet beruhigt und seine Gleichgewichtslage am geteilten Kreise abgelesen, nachdem man den Faden durch eine Drehung des Torsionskreises am oberen Ende einmal um 360° nach links und darauf um ebenso viel nach rechts gedreht hat. Die halbe Differenz der abgelesenen Stellungen des Magneten am geteilten Kreise in Schwingungsdifferenz sei Δ Grade.

Diese Beobachtungen geben für den unbelasteten Magneten vier Gröfsen, nämlich:

die mittlere Schwingungsdauer $= T$ Chronometer-Sekunden,

bei der mittleren Amplitude $\frac{a' + a''}{2} = a$ Bogen-Grade,

bei der mittleren Magnet-Temp. $\frac{t' + t''}{2} = t$ Centes-Grade,

und pro 360° Torsion eine Ablenkung $= \Delta$ Bogen-Grade.

Nach Lamonts Vorgehen werden die Schwingungsbeobachtungen in einer etwas andern Weise ausgeführt: es kommt aber das Verfahren im ganzen auf das gleiche heraus, und kann sich jeder Reisende nach einer geringen Übung auch auf diese Methode einüben (Handbuch des Erdmagnetismus von Lamont, S. 70 ff.). Auch wird bei den Reisebeobachtungen nach Lamont auf die jeweilige Bestimmung der Torsion des Aufhängefadens keine wesentliche Beachtung gelegt, zumal auch eine Vorrichtung zum Messen der Umdrehungen an der Aufhängung des Magneten bei den älteren Instrumenten nicht angebracht ist. In diesem Falle ist eine ganz besondere Sorgfalt auf die Austordierung des Fadens vor der Beobachtung zu verwenden.

Um die Schwingungen eines Magneten bei verschiedenen Amplituden untereinander vergleichen zu können, müssen dieselben auf ein gemeinsames Mafs, und zwar auf unendlich

kleine Bogen, zurückgeführt werden. Nennt man die von der beobachteten Schwingungsdauer (T') stets abzuziehende Reduktionsgröfse γ, so ist

$$\gamma = - \frac{T'}{1 + \frac{1}{16} a^2 h^2},$$

worin a eine Konstante und h der Schwingungsbogen $= \alpha$ ist[1]). (Lamonts Handbuch S. 257 und 262.) Zweckmäfsig ist es, sich für den zu den Schwingungen verwendeten Magneten eine Tafel zu berechnen, worin $a\,h$ statt $(\sin 1^0)^2$ als Argument gegeben ist. (Siehe Abschnitt VII dieser Abhandlung.) Die Zeit, zu welcher der Schwingungsbogen aufzuzeichnen ist, wird durch Beobachtung ermittelt.

Ablenkungsbeobachtungen. Der magnetische Theodolit, versehen mit der Ablenkungsschiene, dem Thermometer usw., wird auf das Stativ gebracht und nivelliert. Durch Auflegen des zu den Schwingungen benützten Magneten auf die Ablenkungsschiene wird die Nadel des Theodoliten aus dem magnetischen Meridian abgelenkt. Von Gaufs wurde diese Ablenkung erzielt, indem der Ablenkungsmagnet stets senkrecht auf den magnetischen Meridian gerichtet war; nach Lamont wird der ablenkende Magnet senkrecht auf die Richtung des abzulenkenden Magneten gehalten, und diese Anordnung ist bei den neueren magnetischen Reiseinstrumenten fast durchweg zur Anwendung gebracht, indem die Anordnung von Theodolit und Schiene dementsprechend getroffen ist. Nach Lamont liegt der Magnet östlich oder westlich von der Nadel in der soeben angegebenen Richtung. Die Verlängerung des Ablenkungsmagneten geht durch das Zentrum der abzulenkenden Nadel, und es wird die Entfernung der Mitte der ablenkenden Nadel von der abzulenkenden Nadel bei absoluten Messungen genauestens in Millimetern gemessen. Die Nadel übt ein Drehmoment auf diejenige des Theodoliten aus, und es ergibt sich für die Entfernung, die wir E nennen wollen, der Ablenkungswinkel φ. Es ist einleuchtend, dafs dieser Ablenkung die erdmagnetische Kraft H entgegenwirkt. Um den Ablenkungswinkel zu messen, wird nach Lamont der ablenkende Magnet bald mit dem Nordpol der abzulenkenden Nadel, bald dem Südpole zugewendet. Bleibt die Entfernung dieselbe, so wird die Theodolitnadel bald nach Westen, bald um denselben

[1]) α ist von 1 nur dann verschieden, wenn die Schwingungen der Nadel durch irgend eine Ursache behindert sind: Magnete, Reibung etc. Bei einer Schwingungsdauer von zirka 10^0 ist der Schwingungsbogen etwa bei der 60. Schwingung abzulesen.

Betrag nach Osten abgelenkt. Aufserdem legt man den Magneten einmal östlich und einmal westlich auf die Schiene, wodurch zwei Ablesungen erhalten werden: in beiden Lagen auf der Schiene ist einmal das Nordende, und das andere Maldas Südende der freien Nadel zugewendet. Nennt man das Mittel der Ablesung des Theodoliten im ersteren Falle v_1 und im andern das Mittel der Ablesung u_2, so ist $\frac{v_1 - u_2}{2} = \varphi =$ Ablenkungswinkel $\frac{v_1 + u_2}{2} =$ Ablesung der freien Nadel (des magnetischen Meridians)[1]).

Zur Eliminierung etwaiger Ungleichheiten in der Lage der Nadel zur Schiene wird also der Ablenkungsmagnet einmal rechts und einmal links auf die Schiene aufgelegt, so dafs man also vier Ablesungen zur Bestimmung des Ablenkungswinkels verwendet hat. Wir werden in der Folge sehen, dafs man zu einer absoluten Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus die erwähnten Ablenkungen auch noch in einer kleineren Entfernung e auszuführen hat. Der Grad der Ablenkung hängt bei gleichbleibender Horizontalkraft teils von dem eigenen magnetischen Moment des ablenkenden Magneten, teils aber von seiner Entfernung ab. Die Wirkung ist schwächer bei kleinem Moment und grofser Entfernung, stärker bei grofsem Moment und kleiner Entfernung. Nach dem Gesagten ergibt sich, wenn M das magnetische Moment des ablenkenden Magneten ist, die Gleichung:

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \frac{e^3 \sin \varphi}{k};$$

für eine zweite Entfernung e_1 haben wir die anologe Gleichung:

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \frac{e_1^3 \sin \varphi}{k},$$

worin k eine Gröfse ist, die hauptsächlich von den Poldistanzen

$$\frac{u_1^{Ost} + u_1^{West} - u_2^{Ost} - u_2^{West}}{4} = \varphi$$

der beiden Magnete abhängt und im allgemeinen als konstant angenommen werden kann. Aus dieser Gleichung ist H, die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus, abzuleiten, wenn aufser k noch e und M bekannt sind, φ aber in der soeben beschriebenen Weise beobachtet wird. Es ist nämlich

[1]) Siehe Beispiel am Schlufs.

$H = \frac{2\,M k}{e^3 \sin \varphi}$, worin $\frac{2\,M\,k}{e^3} = C$ als Konstante bezeichnet werden mag, also $H = \frac{C}{\sin \varphi}$.

Kennt man in einem Observatorium für magnetische Zwecke die Horizontalkomponente H, und hat man den Ablenkungswinkel φ gemessen, so läfst sich für einen andern Ort die Horizontalkomponente durch Messen des Winkels an derselben Stelle, die Horizontalintensität daselbst in relativer Weise bestimmen. Setzt man $C = H_0 \sin \varphi_0$, so ist:

$$H_1 = H_0 \frac{\sin \varphi_0}{\sin \varphi_1}.$$

Gaufs hat in seiner berühmten Abhandlung über die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus in absolutem Mafse es erforderlich erachtet, dafs man die mit einem Magneten beobachtete Schwingungsdauer mit der Ablenkung mittels desselben Magneten zu vereinigen hat, um das magnetische Moment der Nadel ganz zu eliminieren, wodurch die Bestimmung der Horizontalintensität unabhängig von dem magnetischen Moment wird. Man hat nämlich durch die beiden Beobachtungen zwei Gleichungen $M H = \frac{\pi^2 K}{T^2}$ und $\frac{M}{H} = e^3 \frac{\sin \varphi}{k}$, woraus durch Division und Wurzelausziehung sich ergibt:

$$H = \pi \sqrt{\frac{2\,Kk}{e^3}} \cdot \frac{1}{T \sqrt{\sin \varphi}},$$

worin $\pi \sqrt{\frac{2\,Kk}{e^3}} = C$ eine Konstante ist, welche, in die obige Gleichung, substituiert gibt:

$H = \frac{C}{T \sqrt{\sin \varphi}}$ oder endlich unter Hinzufügung der von dem Temperaturunterschied bei den Schwingungen und Ablenkungen abhängigen Korrektionen gleich in für die Berechnung besonders bequemer logarithmischer Form geschrieben:

$$\log H = \log \mathrm{C} - \left(\log T + \tfrac{1}{2} \log \sin \varphi + 0.65\, t_a + 0.4343 \left[\beta + \frac{\alpha}{2}\right](t_a - t_T)\right).$$

Die beiden letzten Glieder sind in Einheiten der 5. Dezimalen ausgedrückt, und die darin vorkommenden Gröfsen bedeuten:

t_a die Temperatur bei den Ablenkungen,
t_T die Temperatur bei den Schwingungen;
α ist der Temperaturkoeffizient des magnetischen Moments des betreffenden Ablenkungsmagneten,
β der Ausdehnungskoeffizient des Stahls $= 0.0000124$.

Die Gröfse C mufs vor Beginn und nach Schlufs der Reise auf einem erdmagnetischen Observatorium ermittelt werden. Sollte sich, wie dies häufig ist, der Wert von C geändert haben, so mufs dieser Änderung bei der Berechnung der Beobachtungen, die während der Reise angestellt wurden, gebührend Rechnung getragen werden.

Aufser dieser Gröfse C sind auch die Temperaturkoeffizienten der Ablenkungsmagneten nur auf einem erdmagnetischen Observatorium zu bestimmen.

Noch eine andere Temperaturbeeinflussung findet in Beziehung auf die Ablenkungen statt, indem die Schiene (die meistens aus Messing besteht), auf der der ablenkende Magnet in einer bestimmten Entfernung ruht, durch die Temperatur eine andere Entfernung der Magnete von einander bewirkt. Auch hierfür mufs ein Koeffizient, den man als den Ausdehnungskoeffizient für Messing bezeichnet, bestimmt werden. Der Ausdehnungskoeffizient für Messing ist 0.0000180. Diese Korrektion wird eine gleiche wie die, welche aus der Änderung des Trägheitsmomentes der Ablenkungsnadel entspringt und ist in dem Gliede $0.85\ t_a$ enthalten.

Es ist einleitend schon hervorgehoben worden, dafs man bei den Beobachtungen im Freien Sorge dafür zu tragen hat, dafs die Temperatur keinem allzu raschen Wechsel unterworfen wird, weil sonst die Reduzierung der Messung auf einen Normalstand, wie sorgfältig die Beobachtungen auch gemacht sein mögen, nicht den wünschenswerten Grad von Sicherheit erhalten kann.

Werden die Ablenkungen nach Lamont senkrecht auf die abzulenkende Nadel ausgeführt so hat man wieder:

$$\frac{M}{H} = \frac{1}{2} \frac{e^3 \sin \varphi}{k}.$$

Beobachtet man auch in diesem Falle in zwei Entfernungen, e mit Ablenkungswinkel φ und E mit Ablenkung φ', so kann man hieraus die Konstante k bestimmen. (Siehe Lamonts Handbuch des Erdmagnetismus S. 238.)

In der sich hieraus ergebenden Gröfse H_0 erhält man eine Gleichung, in der sich die Konstante findet:

$$C = \pi \sqrt{\frac{2\,k K_0}{e^3_0}},$$

worin K_0 und e_0 die auf 0° der Temperatur reduzierten Werte sind[1].

---

[1]) Wild gibt in der 2. Auflage, Band I. der „Anleitung", S. 317, die unten stehenden Formeln, worin die Buchstaben die folgende Bedeutung haben:

M_0 bedeutet das magnetische Moment des Schwingungs- bezw. Ablenkungsmagneten bei 0°.
K_0 bedeutet Trägheitsmoment bei 0°.
ε ist der lineare Ausdehnungskoeffizient des Stahls für 1° C.
μ bedeutet Temperaturkoeffizient für 1° C., t Temperatur C, so dafs $M_0\,(1 - \mu\,t)$ das magnetische Moment bei t gibt.
ω bedeutet den Induktionskoeffizient des Magneten.
m bedeutet die lineare Ausdehnung des Messingstückes der Ablenkungsschiene.
$\tau = \frac{t' + t''}{2}$ = Mittel der Temperatur des Ablenkungsmagneten am Anfang und Ende einer Messung.
E_0 ist die wahre Länge des Stückes der Ablenkungsschiene, eigentlich die halbe Entfernung des Auflegepunktes bei der östlichen und westlichen Lage des Magneten.
$\varphi = \frac{u' + u''}{2}$ = der mittlere Ablenkungswinkel in Graden und Minuten.
H ist die Horizontalkomponente,
T die auf unendlich kleine Bogen reduzierte Schwingungsdauer.
s der tägliche Gang der Uhr in Sekunden.

Wir haben nun unter Berücksichtigung der verschiedenen Umstände nach den obigen Zeichen die Gleichung 1[1]):

$$1)\; H M_0 = \frac{\pi^2 K_0 (1 + 2\varepsilon t)}{T^2 (1 + 0.00002315\, s - 0.0000380 8\, \alpha^2 + 0.002778\,\triangle)(1 - \mu\, t + \omega H)}$$

$$2) \ldots\ldots \frac{H}{M_0} = \frac{2(1 - \mu\,\tau - \omega H \sin\varphi)}{E_0^3 (1 + 3\,m\,\tau)\sin\varphi} \cdot \left[1 + \frac{x}{E_0^2} + \frac{y}{E_0^4} + \ldots\right]$$

Durch Verbindung dieser beiden Gleichungen erhalten wir nach Auflösung die folgende Gröfse:

$$H = \sqrt{\frac{2\,\pi^2 K_0\, x}{T^2 E_0^3 \sin\varphi \cdot k}};$$

Die in obigen Formeln vorkommenden Gröfsen x und y sind Gröfsen, die von den Dimensionen und der Verteilung des Magnetismus in den Magneten abhängig und daher konstant sind. Wird keine allzu grofse Genauigkeit angestrebt, so kann man annehmen, dafs sie sich gegenseitig aufheben, d. h.

$$\frac{x}{E_0^2} + \frac{y}{E_0^4} = O.$$

Es sollen nun zunächst ausführlich die Operationen beschrieben werden, die man bei der Bestimmung der Horizontalintensität aus Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen auszuführen hat. Dies geschieht zwar mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung des magnetischen Reisetheodoliten von Bamberg, wie dieselbe am Schlusse mit einem Beispiele erläutert werden soll, findet aber auch mutatis mutandis bei den Instrumenten von Lamont, Neumayer-Hechelmann usw. Anwendung.

In der obigen Gleichung zur Berechnung der Horizontalintensität kommt die Gröfse T = Dauer einer Schwingung des Ablenkungsmagneten bei unendlich kleinem Bogen vor. Da die Schwingungen nur bei verhältnismäfsig grofsen Schwingungsbogen beobachtet werden, so mufs man die Reduktion nach den hierfür bekannten Formeln ausführen. (Siehe Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, S. 63 ff. und Tafeln daselbst S. 262 ff.) Für die Reduktion des Logarithmus der beobachteten Schwingungsdauer mufs man sich für den betreffenden Apparat eine Tafel oder Kurve[1]) konstruieren. Hierzu braucht man die Länge des Magneten und die Gröfse eines Skalenteiles der bei dem Bambergschen Instrument in der Schwingungsdose enthaltenen geradlinigen Skala in Millimetern. Hat der Magnet z. B. die Länge von l mm, und ist

---

Zur näheren Bezeichnung von x diene:

$$x = 1 + 2\varepsilon t - 3 m \tau + \mu (t - \tau) - \omega H (1 + \sin \varphi)$$

und die Konstante k:

$$k = 1 + 0.00002315.\ s - 0.00003808\, \alpha^2 + 0.002778 \triangle.$$

Der Ausdehnungskoeffizient für Stahl $= \varepsilon = 0.0000124$
Der Ausdehnungskoeffizient für Messing $= m = 0.0000180$.

Es ist noch zu erwähnen, dafs die Temperaturgrade sämtlich nach Celsius gegeben sind und als Einheit in diesen Ausführungen die Gaufssche Einheit verstanden ist.

Als wesentliche Teile der absoluten Bestimmung der Intensität sind zu nennen:

1. die Bestimmung des Trägheitsmomentes des Schwingungsmagneten K_0. Hierfür hat man sich einer der bekannten Methoden zu bedienen. (Siehe Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, Seite 79 u. ff.);

2. die Bestimmung des Temperaturkoeffizienten μ des Schwingungsmagneten. (Siehe Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, Seite 125 u. ff.)

Da diese Bestimmungen unter der Berücksichtigung der Variationen des Erdmagnetismus ausgeführt werden sollten, also mit Zuverlässigkeit nur in einem erdmagnetischen Observatorium auszuführen sind, wird hier auf die Ermittelung dieser Gröfsen nicht eingegangen.

[1]) Beispiel Abschnitt VII der Abhandlung.

ein Skalenteil = s mm, so entspricht bei diesem Magneten ein Ausschlag von einem Skalenteile einem bestimmten Winkel α, der sich aus der Gleichung

$$\sin \alpha = \frac{2\,s}{l} \text{ ergibt.}$$

Ebenso findet man die Winkelgröfse, die einem Ausschlag von 2, 3 usw. Skalenteilen entsprechen würde. Am zweckmäfsigsten ist es, die Winkel in Graden und Bruchteilen von Graden auszudrücken. Die Konstruktion einer Reduktionskurve läfst sich danach einfach herstellen.

Sehr zu empfehlen ist es, die Reduktionsgröfsen ein für allemal für jeden Skalenteil, nachdem er in die entsprechenden Grade umgewandelt ist, aus einer solchen Kurve zu entnehmen und in einer Tabelle, bei der man als Argument die ganzen und halben Skalenteile benutzt, zusammenzustellen. Eine solche „Tafel zur Entnahme der Reduktion des Logarithmus der Schwingungsdauer auf unendlich kleine Bogen" (siehe Abschnitt VII dieser Abhandlung), findet sich für das Instrument Bamberg 8524 am Schlusse des Beispiels abgedruckt.

Die beiden in der obigen Formel enthaltenen Korrektionsglieder zu tabulieren ist überflüssig; dafür aber ist am Schlusse noch eine Tafel zur Verbesserung der Ablenkungswinkel wegen Ungleichheit der Ablenkung zu berücksichtigen. (Siehe auch Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, S. 29 ff., sowie Tabelle 261.) Der Ablenkungswinkel, wie er sich aus der Beobachtung ergibt, mufs erst noch wegen Ungleichheit der Ablenkungen verbessert werden. In der Mehrzahl der Fälle dürfte die Korrektion so gering ausfallen, dafs sie ganz vernachlässigt werden kann. Aber es kommen auch andere Fälle vor, bei denen eine Aufserachtlassung der Verbesserung zu gröfseren Irrtümern führen würde.

Das Beobachtungsverfahren zur Bestimmung der Horizontalintensität gestaltet sich nun folgendermafsen:

Wenn wir im Nachfolgenden auch das Beobachtungsverfahren eingehend besprechen, so wird dabei doch von der Ansicht ausgegangen, dafs es höchst wünschenswort, beinahe unerläfslich ist, dafs die Anweisung unter Leitung eines erfahrenen Beobachters in magnetischen Arbeiten vorgenommen werde. Die Unterweisung in einem erdmagnetischen Observatorium hilft über viele Schwierigkeiten hinweg und erspart vielerlei, oft mühsam zu erringende Erfahrungen.

Man setzt zunächst die beiden Ablenkungsschienen so auf die am Magnetgehäuse angebrachten seitlichen Zapfen, dafs

diese mit Körnerpunkten versehenen Zapfen stets die mit gleichen Punkten versehenen Schienen erhalten. Man vergesse ferner nicht, die Schienen mittels der beiden konischen Stifte zu befestigen. In der Entfernung von 200 mm und 264 mm (vom Mittelpunkt des Kastens aus gerechnet) befinden sich in den Schienen kleine Öffnungen, in die der durch Magnet und Messingteller gehende Stift des Ablenkungsmagneten gesteckt wird.

Beim Auflegen des Magneten auf die Ablenkungsschiene ist darauf zu achten, dafs der Magnet seiner ganzen Länge nach aufliegt, und dafs ferner die Magnetenden auf der die beiden Öffnungen verbindenden schwarz ausgezogenen Linie liegen.

Ehe man jedoch die Ablenkungsmagnete benutzt, mufs nach Einstellen der Mire und Notieren der dafür gefundenen Kreislesung der kleine, nicht umlegbare Magnet, der stets bei den Ablenkungsbeobachtungen statt des Deklinationsmagneten Verwendung findet, eingelegt werden.

Bei dem Einlegen des kleinen Magneten in das Magnetgehäuse mufs man alle Vorsicht anwenden, wie es auch bei dem Deklinationsmagneten erforderlich ist, den kleinen Magneten so herabzulassen, dafs er die Pinne oder das Hütchen nicht verletzt. Durch Verschiebung des Gegengewichts mufs, wie im Falle des Deklinationsmagneten, dafür gesorgt werden, dafs die Wirkung der Inklination aufgehoben wird und der Magnet genau horizontal liegt.

Nach Bestimmung der Meridianlage, bei der Zeit und Kreislesung aufzuschreiben sind, wird einer der beiden Ablenkungsmagnete in der oben beschriebenen Weise auf die Schiene gelegt. Nehmen wir an, wir hätten Magnet I bei Entfernung 200 so auf die Schiene gelegt, dafs er sich östlich vom Magnetgehäuse befinden würde und sein Nordpol dem Gehäuse zugekehrt wäre, so würde dadurch eine westliche Ablenkung des Nordpols des kleinen Magneten hervorgerufen werden. Das Alhidade des Instruments wäre dann so lange zu drehen, bis das Spiegelbild des Fernrohrfadens mit dem direkt gesehenen Faden in Deckung gebracht ist. Auch hier mufs wieder, wie im Falle einer Deklinationsbestimmung, durch vorsichtiges Kratzen mit dem Reiber oder dem Nagel die Reibung des Hütchens auf der Pinne überwunden werden. Die Zeit der Einstellung, die Ablesung am Horizontalkreise und die an dem in der Ablenkungsschiene eingeschraubten Thermometer abgelesenen Temperaturen werden aufgeschrieben. Darauf wird der Magnet vorsichtig von der Schiene aufgehoben

und, ohne dafs eine Drehung mit ihm vorgenommen wird, auf der andern Seite des Gehäuses in gleicher Entfernung auf der Schiene wieder eingesetzt. Es befindet sich nun der Magnet auf der Westseite des Magnetgehäuses und mit seinem Südpol demselben zugekehrt. Nachdem die oben beschriebenen Verfahren und die erforderlichen Aufschreibungen gemacht sind, wird der Ablenkungsmagnet um seine vertikale Achse gedreht, und in der gleichen Entfernung auf der Schiene, nun mit seinem Nordpol dem Gehäuse zugewendet hingelegt, so dafs nun eine Ablenkung nach der andern Seite, also nach Osten, erfolgt. Nach erfolgter Aufschreibung wird der Ablenkungsmagnet wieder auf die östliche Seite gebracht und wiederum dieselben Ablenkungen gemacht; endlich wird der Magnet entfernt und nun wieder der unabgelenkte Magnet in freier Lage eingestellt und die Aufzeichnungen, wie oben angegeben, ausgeführt. Vor und nach diesen Messungen bezw. Ablenkungen wird eine Mire eingestellt und die unveränderte Lage des Horizontalkreises dadurch konstatiert. Auf diese Weise wird auch mit Magnet II verfahren und der Ablenkungswinkel (φ) ermittelt. Das am Schlusse gegebene Beispiel wird das Verfahren genügend erläutern.

Wir haben aus den obigen Erörterungen ersehen, dafs zur Bestimmung der Horizontalintensität Ablenkungen mit Schwingungen verbunden werden müssen. Auch wurde oben schon einiges über das Verfahren bei der Beobachtung der Schwingungsdauer ausgeführt. Für diese Bestimmung werden die beiden Magnete I und II benützt, wozu in dem Bambergschen Instrument eine Schwingungsdose nebst Suspensionsrohr zur Fadenaufhängung des schwingenden Magneten beigegeben ist. Hierzu nur einige Winke. Zunächst beachte man, dafs der den Magnet tragende Faden nicht zu stark und ferner ohne Torsion sein mufs. Es mufs der Magnet durch Heben oder Senken des oberen Stiftes am Faden in der richtigen Entfernung von der an der Dose befindlichen Skala gebracht werden. Auch mufs darauf Bedacht genommen werden, dafs die Torsion des Fadens so viel als möglich durch Austordieren mittels eines kleinen Gewichts, das gleich schwer wie der Magnet ist, beseitigt werde, was vor jeder Schwingungsbeobachtung empfehlenswert ist. Alle diese Operationen müssen mit grofser Vorsicht und, wenn möglich, einige Stunden vor der Beobachtung ausgeführt werden. Man wähle den Abstand zwischen Magnet und Skala nicht zu gering, und sorge dafür, dafs in der Ruhelage die Spitze des Ablenkungsmagneten über der Mitte der Skala in der Dose ist,

damit bei den Schwingungen die Ausschläge auf beiden Seiten tunlichst gleich werden. Das bei den Ablenkungen benutzte Thermometer ist in den Glasdeckel der Dose einzuschrauben. Das zur Beobachtung der Schwingungsdauer zu verwendende Chronometer stelle man in einiger Entfernung auf, doch so, dafs die Schläge desselben vom Beobachter noch deutlich vernommen werden können. Keinesfalls sollte dasselbe näher als 1 m an den Theodoliten herangebracht werden. Dann versetze man den Magneten durch einen schwach magnetisierten Schraubenzieher in Schwingungen, warte bis dieselben bis auf etwa 5 Skalenteile verringert sind und beginne sodann die Beobachtung nach der früher schon angedeuteten Weise. Man vergesse nie, den Gang und Stand des Chronometers zu vermerken. Wenn die Zeitangabe desselben zurück war, bezeichne man dies mit dem Vorzeichen +, wenn sie voraus war, mit —.

Aus vorläufigen Beobachtungen ermittle man die angenäherte Schwingungsdauer und berechne den Ausschlag an der Skala bei der 60. (Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, S. 263) und ebenso bei der 100. Schwingung. Das Schema, welches bei den Beobachtungen zu befolgen ist, wird durch das am Schlusse gegebene Beispiel eingehender erläutert werden. Damit die Beobachtungen über die Schwingungsdauer zuverlässiger werden, schütze man den Apparat vor den Einflüssen des Windes, des Regens und der direkten Sonnenstrahlung, namentlich auch davor, dafs der Feuchtigkeitsgrad der Luft den Aufhängefaden schädlich beeinflufst. Im Falle Schutz durch einen eisenfreien topographischen Schirm gegeben werden kann, sind die störenden Einflüsse dieser Art leicht zu vermeiden; namentlich hüte man sich, durch einen in die Nähe gebrachten Magneten die Schwingungen zu verändern.

3. Die magnetische Inklination.

Dieses Element des Erdmagnetismus kann nach verschiedenen Methoden und mit verschiedenen Instrumenten ermittelt werden, von welchen hier nur genannt werden sollen die Bestimmung mit dem Differentialinklinatorium nach Lamont und die mittels eines Nadelinklinatoriums. Zwar ist namentlich auch in letzter Zeit der Erdinduktor zur Bestimmung der Inklination auf Reisen vielfach verwendet worden, namentlich von Schering, Darmstadt. Es würde uns aber zu weit führen, auf Methode und Apparat, als nicht unmittelbar zu den Reiseapparaten zählend, hier des näheren einzugehen, und es soll

sogleich zu den hier besonders in Frage kommenden Methoden und Apparaten übergegangen werden. Es ist schon früher über die Weise der Beobachtung mit dem Nadelinklinatorium gesprochen worden. In dem am Ende dieser Abhandlung gegebenen Beispiele wird alles näher erläutert werden.

Die Beschreibung der magnetischen Inklinatorien, die im nächsten Abschnitte folgen soll, wird dort alles das geben, was zum Verständnis des Nadelinklinatoriums erforderlich ist. Vorgreifend sei erwähnt, dafs das Nadelinklinatorium aus einem Horizontalkreis, der eine genauere Ablesung gestattet, und einem Vertikalkreis, der durch Nonien auf Minuten oder, wie bei Meyerstein, in Viertelgrade geteilt ist, besteht. In der Mitte des letzteren befinden sich die Lager für die Achsen der Inklinationsnadel. Die Beobachtungen mittels derselben können entweder in dem magnetischen Meridian oder in einer Ebene, die mit dem Meridian einen bestimmten Winkel bildet, endlich aber in gleichen Winkelzwischenräumen rund um den Horizont ausgeführt werden. Jede dieser Methoden hat ihre Vorzüge, die letztere namentlich jenen, dafs man die Lage des magnetischen Meridians nicht zu kennen braucht. Eine frei im Raum schwebende Nadel nimmt nur, wenn sie in der Meridianebene schwingt, die genaue Inklination des Ortes an. Dreht man die Nadel aus der Ebene, so nimmt die Neigung der Nadel zu, bis sie endlich gleich einem rechten Winkel wird, was geschieht, wenn die Ebene des Instrumentes senkrecht auf dem magnetischen Meridian steht. Es verschwindet in diesem Falle die Horizontalkomponente des Magnetismus, und die Nadel steht nur unter dem Einflusse der Vertikalkomponente. Durch letztere Tatsache ist man imstande, den magnetischen Meridian zu ermitteln, wenn derselbe nicht anders durch eine Deklinationsnadel bestimmt werden kann. Die Inklination hat nur in dem magnetischen Meridian den richtigen Wert, welcher auch als der kleinste Wert, der bei dem Drehen der Vertikalebene, in welcher eine Nadel schwingt, bezeichnet werden kann. Durch diese einfachen Erörterungen wird die Methode, nach welcher die Inklination beobachtet werden soll, angedeutet. Allein es mufs jetzt schon hervorgehoben werden, dafs die Beobachtungen über Gröfse der Inklination in verschiedenen Lagen des Vertikalkreises, in Beziehung auf den Mittelpunkt der Horizontalteilung, ausgeführt werden müssen. Wir werden ferner in der Folge da, wo von den Nadeln die Rede sein wird, ersehen, dafs die Lage der Nadel mit einer Seite bald nach aufsen, bald nach innen beobachtet werden mufs, und im übrigen ist auch

das Nordende der Nadel einmal an eine bestimmte Spitze, zum andernmal an die entgegengesetzte durch Ummagnetisierung zu bringen. Diese verschiedenen Lagen ermöglichen es, dafs die Beobachtungen frei von gewissen Fehlern werden, und nur eine aus allen diesen Lagen abgeleitete Beobachtung ist, wenn sie auf diese verschiedenen Bedingungen Rücksicht nimmt, als eine genaue Bestimmung dieses magnetischen Elementes anzusehen. Daraus ist zu ersehen, dafs die Umkehrung der Pole der Nadel erforderlich ist, um das Nichtzusammenfallen der magnetischen mit der mechanischen Achse der Nadel auszugleichen. Das Umkehren der Pole mufs in sorgfältigster Weise bewirkt werden, um ein Verbiegen der Nadel sowie der Achsen und auch sonst ein Verletzen derselben zu verhüten. Bei der Bestimmung der Lage des magnetischen Meridians mittels einer Nadel müssen die sämtlichen bezeichneten Lagen doch ohne Ummagnetisieren angewendet werden, wenn Zuverlässigkeit gewährleistet werden soll.

Wenn man die Beobachtung der Neigung der Nadel aufserhalb des magnetischen Meridians ausführen will, z. B. in einer Ebene, die mit der Meridianebene einen Winkel (v) bildet, so ist die wahre Inklination (J), wie leicht einzusehen,

$$\operatorname{tg} J = \operatorname{tg} J' \cos v,$$

worin J' die in der betreffenden Lage beobachtete Neigung ist. Bemerkt mufs werden, dafs auch in einem solchen Falle die Neigung J' in allen oben bezeichneten Lagen auszuführen ist. Wie wir sehen, ist man noch immer abhängig von der Lage des magnetischen Meridians. Nur eine grofse Anzahl von Messungen der Nadelneigungen kann ein einigermafsen zuverlässiges Ergebnis verbürgen.

Wenn man eine Anzahl von aufserhalb des Meridians beobachteten Neigungen so anordnet, dafs der $\sphericalangle v$ immer rund um den Horizont um denselben Wert wächst, d. h. also einen solchen Wert, der in 360^0 aufgeht, wodurch gleich Intervalle bedingt werden, so hat man bekanntlich, wenn n die Anzahl der gleichen Intervalle rund um den Horizont bedeutet,

$$\operatorname{cotg}^2 J = \frac{2}{n} (\operatorname{cotg}^2 J_0 + \operatorname{cotg}^2 J_1 + \cdots\cdot + \operatorname{cotg}^2 J_{n-1}),$$

wie dies aus einer einfachen Entwicklung folgt (siehe Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus, S. 252 ff.), worin $\sphericalangle v$, wie leicht zu ersehen, nicht mehr vorkommt; es wird also die Bestimmung der Inklination auf diese Weise abgeleitet unabhängig von der Lage des magnetischen Meridians.

Wäre beispielsweise $n = 6$ oder der Winkel $\frac{360^0}{6} = 60^0$, so ist:

$$\cot g^2 J = \frac{1}{6} (\cot g^2 J_0 + \cot g^2 J_1 + \cot g^2 J_2 + \cot g^2 J_3 + \cot g^2 J_4 + \cot g^2 J_5).$$

Auch in diesem Falle müssen die einzelnen Neigungen J_0, J_1, J_2 usf. jedesmal in allen Lagen, wie diese oben bezeichnet sind, beobachtet werden.

Aus diesen kurzen Ausführungen geht hervor, dafs immer unter der Annahme des sonst fehlerfreien Inklinatoriums, die Bestimmung der Inklination auf diese Weise eine recht komplizierte und zeitraubende ist. Dazu tritt noch der Umstand, dafs die Verletzbarkeit durch den Transport, namentlich die Beschädigung der Achsen der Nadel, sehr schwer zu vermeiden ist. Allerdings hat man in neuester Zeit die Konstruktion der Nadelinklinatorien sehr vervollkommnet und dieselben namentlich von einer festeren Verfassung angefertigt, wodurch die allgemeinere Verwendbarkeit der Nadelinklinatorien erheblich gesteigert und deshalb deren Gebrauch ungleich erleichtert wurde; wichtig, weil zur absoluten Bestimmung der Inklination dieselben kaum entbehrlich sind.

Unter diesen Umständen war es wohl gerechtfertigt, wenn man die Nadelinklinatorien vorzugsweise für feste Observatorien anwendete und das Bestreben nach einer Methode relativer Bestimmung schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts durch Lamont gepflegt wurde. Lamonts Bestreben war darauf gerichtet, einen Apparat zur relativen Bestimmung der Inklination mit dem magnetischen Reisetheodoliten zu verbinden, was durch die Konstruktion des Differentialinklinatoriums auch wirklich erreicht wurde. Man lese darüber Lamont, Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu Beobachtungen verwendeten Instrumente und Apparate (1851, VIII, Differentialinklinatorium, Seite 95 ff.) und auch wieder Lamont, Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern, I. Teil, Seite 12 und 38. Wenn man unmagnetisches, weiches Eisen, das eine grofse Empfänglichkeit für den induzierenden Einflufs des Erdmagnetismus hat, das also auch die Eigenschaft besitzt, den Magnetismus bei Veränderung der Lage rasch zu ändern, diesem Einflusse aussetzt, so wird in demselben Magnetismus induziert, der auf eine horizontal frei bewegliche Nadel nach den bekannten Gesetzen anziehend oder abstofsend wirkt, je nachdem man auf der Nordhalbkugel das untere Ende eines senkrecht gehaltenen Stabes dem Süd- oder Nordende

der freien Nadel nähert. In dem angenommenen Falle eines Vertikalstabes wirkt die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus induzierend. Der Grad der Ablenkung, welcher durch einen solchen Stab bewirkt wird, ist ein Mafs für die Stärke desselben und der Stärke der induzierenden Kraft.

Das magnetische Moment des vertikalen Stabes ist proportional der Vertikalintensität (V) und zwar KV; mit dieser lenkt er die Nadel um einen Winkel ψ ab; dem entgegen wirkt die Kraft $H \sin \psi$ der Horizontalkomponente; wir setzen folglich (Eschenhagen, Kirchhoffs Anleitung, Seite 109)

$$KV = H \sin \psi$$

und erhalten, da $\frac{V}{H} = \operatorname{tg} J$, die Inklination J nach der Formel:

$$\operatorname{tg} J = \frac{1}{K} \cdot \sin \psi.$$

Die konstante Gröfse $\frac{1}{K}$ ist nur durch mehrfache Messung an der Station, an welcher J ganz zuverlässig bekannt ist, bestimmbar.

Selbstverständlich müssen diese Messungen mit denselben Apparaten und denselben weichen Eisenstäben durchgeführt werden, um die Konstante $\frac{1}{K}$ zu erhalten, die auch nur für diesen Apparat gilt. Wenn der Ablenkungswinkel an der Station, an der J_0 absolut bestimmt wurde, ψ_0 ist und der Ablenkungswinkel zu der gesuchten Inklination J_1 ψ_1 ist, so ist:

$$\operatorname{tg} J_1 = \frac{\sin \psi_1}{\sin \psi_0} \cdot \operatorname{tg} J_0.$$

Ist $\frac{\operatorname{tg} J_0}{\sin \psi_0} = \frac{1}{K}$, d. h. die Konstante, so hat man nach der Formel

$$\operatorname{tg} J_1 = \frac{1}{K} \sin \psi_1$$

die Inklination abzuleiten.

Es ist schon betont worden, dafs die Bestimmung der Konstanten erhebliche Schwierigkeiten bietet, besonders wenn die weichen Eisenstäbe nicht sehr frei von induziertem Magnetismus gehalten werden, oder nicht ein bestimmtes Alter bei der Ausglühung erreicht haben (siehe unten), da die Veränderlichkeit dieses Wertes auf die Ergebnisse schädigend einwirken mufs. Allein es hat sich aus längeren Reihen ergeben, dafs bei sorgfältigem Ausglühen der Eisenstäbe eine beträchtliche

Gleichförmigkeit erhalten werden kann, und namentlich ist sehr anzuraten, die weichen Eisenstäbe, etwa beim Verpacken in eine Kiste, nicht unter dem Einflusse starker Magnete zu halten. An und für sich ergibt sich nach der Erfahrung mit Zunahme des $\log \frac{1}{K}$ wahrscheinlich eine Abnahme der Induktionsfähigkeit des weichen Eisens, wie schon Lamont gefunden zu haben glaubte [1]).

Die Messung des Ablenkungswinkels ist mit großer Sorgfalt und unter Ausführung einer Anzahl von Korrektionen auszuführen. Wie wir bei der Beschreibung der Instrumente sehen werden, werden zwei weiche Eisenstäbe verwendet, die in einem Messingring so befestigt werden, daſs auf der einen Seite des abzulenkenden Magneten der Stab I nach oben, auf der andern Seite der Stab II nach unten geht, wodurch bewirkt wird, daſs beide Stäbe die Nadel nach derselben Seite abzulenken bestrebt sind. Hat man auf diese Weise nach Osten abgelenkt, so hat man das System der weichen Eisenstäbe auf dem Theodoliten nur so zu verlegen, daſs die Ablenkung wieder nach Osten stattfindet, aber nun je durch den andern Eisenstab; sodann dreht man den Ring mit den Stäben so, daſs nun die Ablenkung nach Westen, Stab I nach unten, und durch ein zweites Verlegen die Ablenkung wieder in dem gleichen Sinne stattfindet, Stab II nach unten. Alsdann werden die Stäbe in ihrer Fassung umgekehrt [2]) und die soeben beschriebene Operation nochmals wiederholt. Es werden also auch in diesem Falle acht Ablenkungen bewirkt bezw. beobachtet, wodurch Ungleichheiten in den Stäben und in der Lage derselben zu dem abzulenkenden Magneten möglichst aufgehoben werden. Im Laufe dieser Ablenkungen ist die Temperatur aufzuzeichnen, sowie am Schlusse der Messung der ganzen Reihe die horizontale Lage des Ringes, bezw. die vertikale Stellung der Stäbe genauestens geprüft und durch ein Mikrometerniveau gemessen wird.

Wesentlich ist bei Ausführung dieser Messungen noch, daſs die Zeit, innerhalb welcher die Stäbe in jeder neuen Lage der Wirkung des Erdmagnetismus ausgesetzt sind, gleich erhalten wird, weil durch Ungleichmäſsigkeit hierin die Genauigkeit der einzelnen Ablenkungen nicht mehr gewährleistet

---

[1]) Dr. v. Neumayer, Eine erdmagnetische Vermessung der bayerischen Rheinpfalz. Mitteilungen der Pöllichia, eines naturwissenschaftlichen Vereines der Rheinpfalz, Seite 25.

[2]) Jedoch ohne die Stäbe in der Ringfassung zu verwechseln.

werden kann. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs man bei einem Zeitunterschied von vier Minuten bei den von Lamont konstruierten Apparaten sowohl gute Resultate erzielt, als auch Zeit für die auszuführenden Operationen hat.

In Beziehung auf die auszuführenden Reduktionen des Ablenkungswinkels bei diesen Operationen müssen wir auf die Veröffentlichungen Lamonts verweisen [1]). Die Reduktion des Ablenkungswinkels für die Neigung des Ringes wird, wie schon angedeutet, durch ein Mikrometerniveau gemessen, und zwar wird an der Mikrometerschraube zuerst der Nullpunkt des Niveau in der einen Lage für Ost und West bestimmt, sodann dieser Nullpunkt durch Ablesung der Mikrometerschraube nach Süden festgestellt, und zwar für beide Ablenkungslagen, nach Ost und nach West. Die Lage dieses Nullpunktes wird in der Folge (siehe Beispiel) mit m bezeichnet. Nach den Lamontschen Ermittelungen ist die Korrektionsgröfse für die nach seiner Angabe konstruierten Instrumente:

$$\triangle = 3.77' \cdot \tfrac{1}{2}\,(\sigma + \sigma') + 3.20' \cdot \tfrac{1}{2} \cdot (\omega - \omega')$$

(siehe Beispiel in Abschnitt VII dieser Abhandlung). In dieser Gleichung haben σ und σ', ω und ω' die von Lamont angegebene Bedeutung.

Der Ablenkungswinkel ist auf eine Normaltemperatur zurückzuführen, und zwar nach den Lamontschen Untersuchungen, wie folgt:

Die Vergröfserung des Ablenkungswinkels ψ ist für 1^{0} R. Temperaturzunahme $= 2.330$ tg ψ: woraus sich ergibt der reduzierte Ablenkungswinkel = Beobachtete Ablenkung $- 0.8713' \left(1 + 0.000891\,(\psi - 20^{0}\,30')\right)(t - 10^{0})$.

V. Die Instrumente zu magnetischen Beobachtungen.

Die zur Bestimmung des Wertes der magnetischen Elemente an Land erforderlichen Instrumente lassen sich einteilen in solche, die nur der Bestimmung eines Elementes zu dienen haben, und in solche, die zur Bestimmung von zwei oder mehr Elementen verwendet werden. Zu den ersteren gehören das Deklinatorium, der Azimutalkompafs für Deklination, das Nadelinklinatorium und der Erdinduktor für Inklination.

---

[1]) Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten Instrumente und Apparate (1851, VIII, Differentialinklinatorium, Seite 95 ff.), ferner Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern, Seite 12 und 38.

Unter den Deklinatorien nimmt das Marine-Deklinatorium den ersten Rang ein, welches zuerst nach Neumayer von C. Bamberg in Berlin konstruiert wurde. Wie schon die Bezeichnung besagt, war dieses Instrument vorzugsweise für die Zwecke der Marine, und zwar bei den Küstenvermessungen zu verwenden. Eine eingehende Beschreibung desselben befindet sich in dem von der k. Marine herausgegebenen Handbuch für Instrumentenkunde. Ein auf Minuten ablesbarer Horizontalkreis, ein Fernrohr mit guten, für terrestrische Messungen geeigneten optischen Eigenschaften, sowie eine auf einer Spitze bewegliche, umlegbare Magnetnadel, die mittels Fernrohr und der oben beschriebenen Spiegeleinrichtung eingestellt und deren Lage auf dem Horizontalkreis mit Nonien abgelesen werden kann, bilden die Hauptteile dieses vielbewährten und oft angewendeten Apparates. Da das Gestell mit kardanischer Aufhängung versehen ist, können mit dem Marine-Deklinatorium auch Beobachtungen auf nicht allzubewegter Unterlage ausgeführt werden. Die astronomischen Bestimmungen zur Ermittelung des Azimuts können nur in der Nähe des Horizontes oder mittels eines Reflektors bei rückwärtiger oder direkter Visierung bestimmt werden. Azimutbestimmungen mittels höher am Himmel befindlicher Gestirne werden zweckmäfsiger durch von dem Deklinatorium unabhängige Instrumente bestimmt: entweder durch Reflektionsinstrumente oder durch gegenseitige Anvisierungen mit einem Theodoliten, auf dessen Horizontalkreis die Nordpunktlage bestimmt ist. Der Azimutalkompafs, wie er vielfach nach Wilds Angabe verwendet wurde, ist einfacherer Natur, wird vorzugsweise bei maritimen Beobachtungen und an Bord als Kompafs verwendet, bedarf aber einer besonderen Beschreibung wohl nicht, nur sei erwähnt, dafs auch in diesem Falle die Umlegbarkeit der Nadel, hier der Rose, zur Gewährleistung zuverlässigerer Ergebnisse sehr zu empfehlen ist. Die Justierung des zu den Peilungen dienenden Prismenapparates ist mit aller Sorgfalt durchzuführen, da sich im andern Falle Fehler einschleichen können, welche die auf diesem Wege erhaltenen Werte der Deklination oft zweifelhaft erscheinen lassen.

Deklinatorium und Azimutalkompafs wurden auch mit Ablenkungsvorrichtungen versehen, um damit die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus zu bestimmen; Einrichtungen dieser Art können aber für den Reisenden, da ihm bessere und entsprechendere Apparate für diesen Zweck zur Verfügung stehen, hier nicht in Betracht kommen.

Das Nadelinklinatorium zur Bestimmung der magnetischen

Inklination wurde schon da, wo von den Beobachtungsmethoden gesprochen wurde, eingehend berührt. Eine nähere Beschreibung desselben ist an dieser Stelle wohl kaum erforderlich, da dieselbe bei dem Bambergschen magnetischen Reiseinstrumente berührt werden wird. Nur so viel sei jetzt schon gesagt, dafs das Inklinatorium, wenn es gute Resultate ergeben soll, mit gröfster Sorgfalt behandelt werden mufs. Namentlich hat der Reisende darauf zu achten, dafs die Nadel von Rost und Unreinlichkeit frei bleibt, die zarten Achsen vor Stofs und Biegen verschont und die Achsenlager, meistens von Achat, in ihrer Schärfe und genauen Lage erhalten bleiben. Die Einteilung des Horizontalkreises zur Ermittelung der Lage des magnetischen Meridians wird wohl am zweckmäfsigsten rund um den Horizont ausgeführt und mit Nonius versehen, der mit Lupen usw. genügend scharf abgelesen werden kann. Der Vertikalkreis, der zur Bestimmung der Neigung der Nadel dient, mufs entweder, auf einem Spiegel geteilt, es ermöglichen, dafs man bei der Einstellung durch Parallaxe nicht behindert wird, oder sonst eine Vorrichtung zum Einstellen der Nadel besitzen. Englische Verfertiger haben mikroskopische Ablesung eingeführt, wodurch aber nur Zuverlässiges erzielt werden kann, wenn die Justierung und Einstellung mit der gröfsten Sorgfalt ausgeführt wird. Da, wo von den Methoden der Beobachtung die Rede war, sind die einzelnen Lagen, in welchen die Beobachtungen an der Nadel auszuführen sind, angegeben worden, und dem Reisenden kann nur anempfohlen werden, dafs er bei der Veränderung der Lagen, dem Umlegen der Nadel, die gröfste Sorgfalt darauf zu verwenden hat, dafs die Achsen der Nadel nicht beschädigt werden; aus diesem Grunde ist es anzuempfehlen, dafs man sich dabei eines zweckentsprechenden Zängchens (Pinzette) bedient. Der Veränderung der Lage mufs stets das Aufheben der Nadel von den Achatlagern vorangehen, sowie auch das Herablassen derselben nach Lagenänderung auf die Lager mit gröfster Sorgfalt zu geschehen hat. Da man während des Transportes die Nadel zweckmäfsig mit einer dünnen Fettschicht bedeckt, so mufs vor der Beobachtung diese sorgfältigst abgewischt werden, und man tut gut daran, die Achsen mittels Holundermarkstückchen zu reinigen sowie die Lager sorgfältig abzuwischen. Über die Sorgfalt, die auf die Ummagnetisierung der Nadel verwendet werden mufs, ist oben gesprochen worden.

Der zweite Apparat, der zur Bestimmung der magnetischen Inklination mittels Erdinduktor dienen kann, wird hier nicht näher erläutert, wofür die Gründe oben schon angegeben wurden.

Von Instrumenten, welche nicht nur für die Bestimmung einzelner Elemente, sondern sämtlicher Elemente dienen,

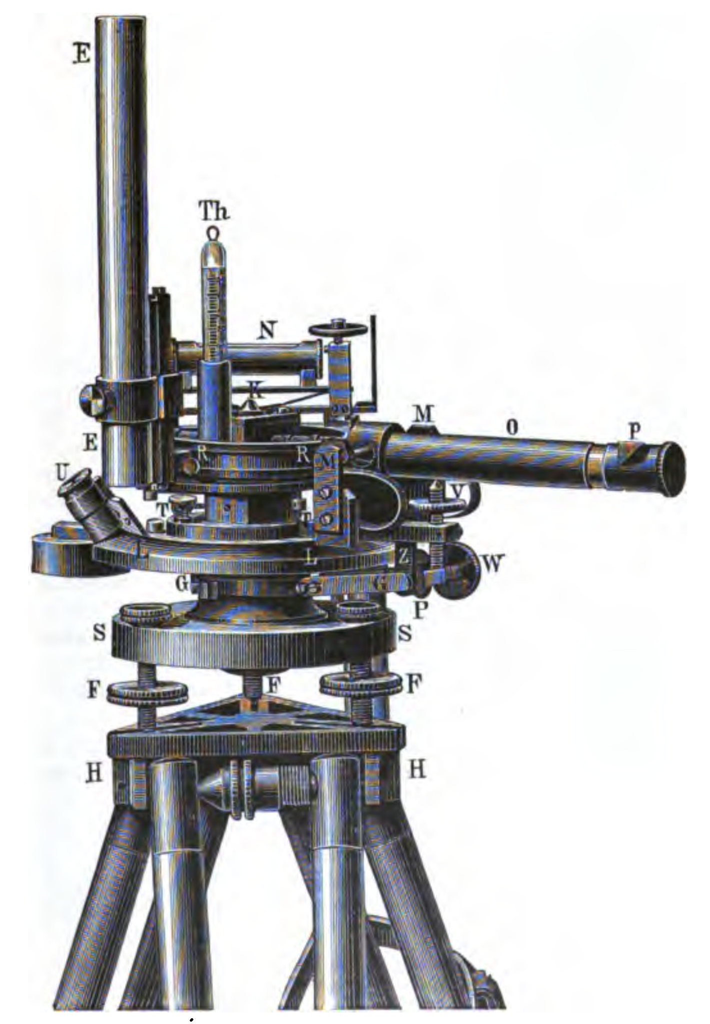


Fig. 7.

teils absolut, teils relativ, betrachten wir nur die folgenden beiden, als vorzugsweise für Reisezwecke geeignet:

I. Der magnetische Reisetheodolit von Lamont, nach Neumayers Vorschlägen abgeändert von H. Hechelmann, Hamburg.

II. Der magnetische Reisetheodolit nach Neumayers Vorschlägen, ausgeführt von C. Bamberg, Berlin.

I. Der magnetische Reisetheodolit von Lamont mit zwei Abbildungen nach Eschenhagen, Kirchhoffs Anleitung Seite 118 ff.

Zu genauen Beobachtungen ist vor allem eine genauere Ablesung der Stellung einer Magnetnadel notwendig, als man sie von den über der Kreisteilung befindlichen Nadelspitze erhält. Bei dem vorliegenden Instrument ist die bereits beschriebene Spiegeleinstellung mittels eines Fernrohrs benutzt, das anderseits auch wieder zur Einstellung terrestrischer Objekte, der Sonne usw., dienen kann.

Fig. 7 zeigt das ganze Instrument, das mittels dreier Fufsschrauben *F* auf dem Stativkopf *HH* ruht. Diese Schrauben sitzen in einem soliden kreisförmigen Messingstück *SS*, mit demselben ist fest verbunden der oberhalb befindliche Teller *LL* mit der verdeckten Kreisteilung (in Silber). Der über diesem Kreise befindliche Teil des Instruments ist vermöge eines in das untere Stück hineinragenden konischen Zapfens drehbar, er trägt in der Mitte den Magnetkasten, dessen oberster Teil bei *K* sichtbar ist. Dieser Kasten besitzt (hier fast verdeckt) in der Richtung des Fernrohres beiderseits Glashülsen, welche zur Aufnahme des Magnets dienen und beim Einlegen und Herausnehmen desselben abgeschraubt werden müssen. Im Boden des Kastens (Fig. 8) befindet sich in der Mitte die Pinne, auf welcher die Nadel mittels ihres Achathütchens ruht. Dieselbe besteht aus zwei starken Stahllamellen, die fest miteinander verbunden und zur Aufnahme des Hütchens in der Mitte durchbohrt sind. Damit der Magnet umgelegt werden kann, kann das Hütchen von beiden Seiten gebraucht werden (siehe S. 405, wo dies schon beschrieben); es schiebt sich beim Auflegen des Magneten in einer Hülse von selbst nach der oberen Seite. Das eine Ende des Magneten trägt den vertikalen Spiegel, der mit dem Fernrohr eingestellt werden kann. Letzteres ruht mittels einer horizontalen Achse in zwei Lagern *MM* und kann durch die Schraube *V* in Höhe etwas verstellt werden. Die Lager *MM* sind durch einen Arm fest mit der mittleren drehbaren Achse verbunden, so dafs Fernrohr und Magnetgehäuse immer in derselben Lage zueinander bleiben. Der Arm ist der Fortsatz eines Tellers *TT*, der beim Drehen des oberen Teiles auf dem unteren Teller *LL* hin-

gleitet; vermittels der am Rande des oberen befindlichen beiderseitigen Nonien kann durch Lupen *U* die Stellung des oberen Teiles, also auch des Fernrohres, auf dem unteren

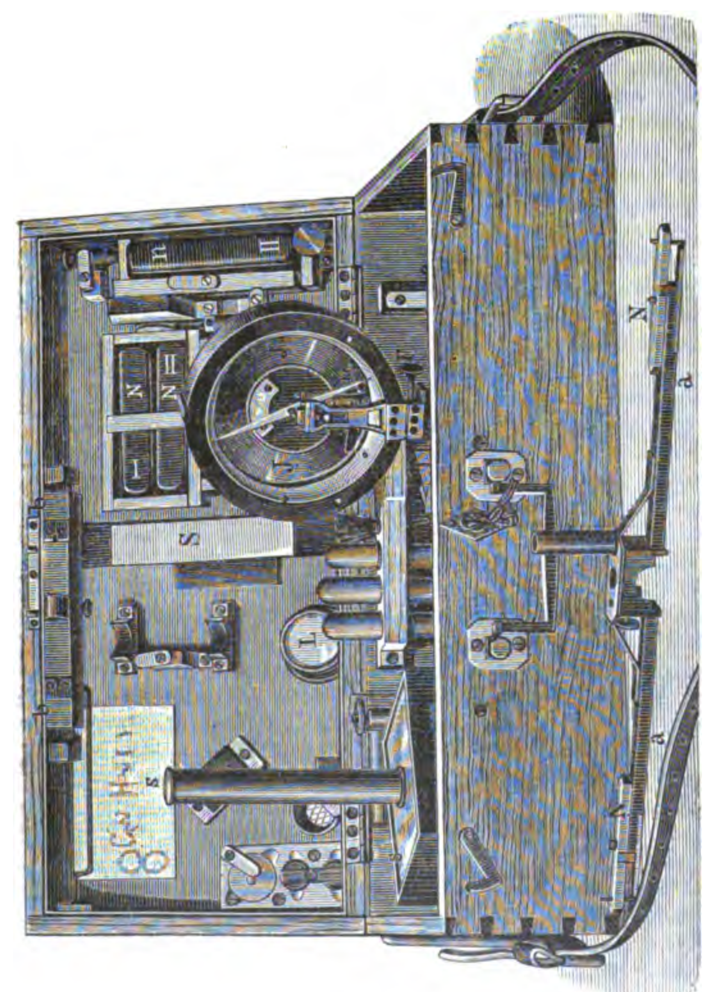


Fig. 8.

Teilkreise abgelesen werden. Festgehalten wird derselbe durch Anziehen der Schraube *P*, welche einen Arm *GG* am unteren Gestell festklemmt, in den der das Fernrohr tragende Arm

vermittels eines Zapfens *Z* eingreift. Vermittels der Schraube *W*, die am Zapfen *Z* angreift, kann noch eine feine Bewegung hergestellt werden, wobei eine Feder von *G* Gegendruck leistet. Das Fernrohr *O* hat hinter dem Okular das Beleuchtungsprisma *p*, welches das von oben einfallende Licht an dem im Brennpunkt des Okulars befindlichen Faden vorüber nach dem Magnetspiegel und von da zurück in das Okular schickt, in dem dann ein Bild des Fadens gesehen wird.

Der bisher beschriebene Teil des Instruments ist erforderlich zur Bestimmung der absoluten Deklination. Hierzu wird der Magnetkasten von der Platte, auf deren einer Seite (also exzentrisch) sich die Fernrohrlager befinden, abgenommen und das Fernrohr zunächst zur Bestimmung des astronomischen Meridians, wie beschrieben benutzt. Man stellt dabei, um zu kontrollieren, dafs das Instrument keine Verschiebung erleidet, irgendeinen entfernten Gegenstand (Mire) ein, was man zum Schlufs wiederholt. Sodann wird das Magnetgehäuse wieder aufgesetzt und der Magnet (mittels Hebelvorrichtung) auf die Spitze gelegt, so dafs eine z. B. mit *A* bezeichnete Seite nach oben kommt; darauf wird die oben beschriebene Einstellung mittels Fernrohr vorgenommen; die Magnetnadel wird nun wieder aufgehoben, umgelegt, so dafs *A* nach unten kommt, und von neuem eingestellt. Das Umlegen wiederholt man einige Male. Man wird bei einiger Übung bald die nötige Sicherheit im Umlegen und Einstellen erwerben. Bei jeder Einstellung wird die Ablesung der Nonien notiert, daneben die Uhrzeit (in Minuten); das Mittel aus einer gleichen Anzahl von Einstellungen bei *A* oben und *A* unten gibt die Stellung des Fernrohrs, in der seine Achse im magnetischen Meridian liegt. Der Umstand, dafs die Nadel bei diesem Instrumente, statt an einem Faden zu hängen, auf einer Spitze ruht, und damit eine Fehlerquelle (Torsion des Fadens), sowie die Erschütterungen durch Wind bei Beobachtungen auf Reisen vermieden sind, ist eine wesentliche Verbesserung, die dasselbe gegenüber der älteren Lamontschen Einrichtung als Reiseinstrument besonders brauchbar macht [1]). An die Deklinationsbestimmung schliefst man in der Regel eine Intensitätsbeobachtung an, indem man die Nadel im Gehäuse zunächst ablenkt. Hierzu wird an dem Gehäuse eine Schiene *aa* (Fig. 8) befestigt, auf welche an den Enden Magnete *NN* aufgelegt werden können. Derartige Magnete sind zwei vorhanden, die bei dem

[1]) Die Reibung des Hütchens der Nadel auf der Pinne ist durch vorsichtiges Kratzen an einem der Schraubenköpfe oder mittels einer Reibscheibe zu beseitigen.

Transport in die Kästchen *NN* (Fig. 8) verpackt werden. Man legt jedesmal einen Magneten auf die am Ende der Schiene befindliche Befestigungsvorrichtung nacheinander auf beiden Enden, und zwar je in zwei Lagen, einmal das Nordende, einmal das Südende der freien Nadel zugekehrt. Bei diesen vier Ablenkungen, von denen zwei die Nadel östlich, zwei westlich ablenken, wird die Nadel mit dem Fernrohre eingestellt und die Stellung der Nonien notiert. Aus der Differenz der östlichen und westlichen Ablenkungen erhält man den doppelten Winkel, um welchen die Nadel aus dem Meridian abgelenkt wird. Gewöhnlich stellt man diese Beobachtungen mit zwei Magneten an und kann damit zugleich eine Deklinationsbestimmung in der Weise verbinden, dafs man nach der Einstellung der Miren usw. folgende Beobachtungsreihen anstellt:

Ablesung der Miren:

1.	Nadel im Meridian: *A* oben.		
2.	„ „ „ : *A* unten.		
3.	Ablenkungsmgt. I-West;	Nordende-Ost	östl. Ablenkung.
4.	„ Ost;	„ Ost	
5.	„ Ost;	„ West	westl. Ablenkung.
6.	„ West;	„ West	
7.	Nadel im Meridian: *A* unten.		
8.	„ „ „ : *A* oben.		
9.	„ „ „ : *A* oben.		
10.	„ „ „ : *A* unten.		

Ablesung der Miren:

11.	Ablenkungsmgt. II-West;	Nordende-West	westl. Ablenkung.
12.	„ Ost;	„ West	
13.	„ Ost;	„ Ost	östl. Ablenkung.
14.	„ West;	„ Ost	
15.	Nadel im Meridian: *A* unten.		
16.	„ „ „ : *A* oben.		

Ablesung der Miren.

Dieses Schema für die Beobachtung von Deklination und Intensität, das noch besonders in Abschnitt VII dieser Abhandlung durch Beispiel erläutert wird, kann dadurch noch vervollständigt werden, dafs man in jeder Lage der Ablenkungsmagnete noch eine zweite Reihe beobachtet, wodurch begreiflicherweise die Genauigkeit der Beobachtung nicht unwesentlich erhöht wird.

Die Mittel der Ablesungen 1—2, 7—10 und 15—16 geben den magnetischen Meridian, während die Ablenkungswinkel sich durch Bildung von

$$\frac{3 + 4 - 5 - 6}{4} \text{ bezüglich } \frac{13 + 14 - 11 - 12}{4} \text{ ergeben.}$$

Die Temperatur wird bei den Ablenkungen jedesmal notiert. Während der Meridianablesungen, zu welchen die genauen Uhrzeiten zu notieren sind, müssen natürlich die Ablenkungsmagnete genügend weit entfernt werden. An diese Ablenkungsbeobachtungen schliefsen sich die Schwingungsbeobachtungen, zu welchen der Magnetkasten abgenommen und durch den hölzernen Schwingungskasten *ss* (Fig. 8) ersetzt wird. Der zuletzt zu Ablenkungen benutzte Magnet II wird an einem Häkchen aufgehängt (der Faden mufs vorher durch Einhängen eines gleichen Messinggewichtes gehörig austordiert sein), und man beobachtet die Schwingungen mittels einer Uhr, wie dies bereits früher beschrieben wurde. Hierbei mufs die Temperatur im Kasten und die Gröfse des Schwingungsbogens notiert werden. Über die Weise, wie bei Schwingungsbeobachtungen, wo es sich um gröfsere Genauigkeit handelt, die Gröfse der Torsion bestimmt wird, sowie über die Reduktionsmethoden der Intensitätsbeobachtungen ist schon oben das Erforderliche gesagt worden.

Für den Fall der älteren Einrichtung, d. h. wenn die Nadel an einem Faden hängt und nicht auf Spitzen ruht, ändert sich das vorhin gegebene Schema insofern, als die Umlegbarkeit der Nadel nicht möglich und daher dieser Teil in Wegfall kommen kann, dann aber mufs die Torsion aus den Beobachtungen berechnet und in Ansatz gebracht werden.

Da es auf Reisen doch wünschenswert erscheinen mufs, dafs die Kollimation der Magnetachse bei mit Faden aufgehängten Magneten zeitweise bestimmt werden kann, ist dem älteren Reisetheodolit ein eigenes Magnetgehäuse beigegeben, in dem ein umlegbarer Magnet beobachtet werden kann. In diesem Falle mufs auch die Torsion des Fadens in der üblichen Weise bestimmt werden.

In dem hier beschriebenen magnetischen Reisetheodoliten ist auch ein Nadelinklinatorium enthalten, welches an Stelle der bereits beschriebenen Gehäuse, nach deren Entfernung aufgesetzt wird. Von den Beobachtungsmethoden mit diesem Instrumente ist schon oben die Rede gewesen und mag hier nur das allgemeine Schema der Beobachtung eingefügt werden.

Nehmen wir den einfachsten Fall der Bestimmung der Inklination durch Einstellung der Nadel vermittels des Horizontalkreises in den magnetischen Meridian, so ist derselbe in der bereits oben angegebenen Weise zu bestimmen. Dafür ist das Schema wie folgt:

A. Nordpol.	*B*. Nordpol.
α. Bezeichnete Seite aufsen (d. h. vom Kreis abgewendet)	
1. Kreis Ost.	5. Kreis Ost.
2. Kreis West.	6. Kreis West.
β. Bezeichnete Seite innen (dem Kreis zugewendet)	
3. Kreis West.	7. Kreis West.
4. Kreis Ost.	8. Kreis Ost.

Hat man mehrere Nadeln zur Verfügung, so läfst sich nach diesem Schema unter Anwendung der genugsam hervorgehobenen Vorsicht ein brauchbarer Wert der magnetischen Inklination auf absolute Weise bestimmen. Da nun aber auch mittels der weichen Eisenstäbe, die an diesem Apparate in der früher bei Erörterung der Methoden beschriebenen Weise angebracht sind, die Inklination beobachtet werden kann, so ist man jederzeit, wenn Umstände es gestatten, imstande, die Konstante $\frac{1}{K}$ S. 426 für das benützte Differentialinklinatorium zu bestimmen.

Der ganze Apparat, mit zusammenlegbarem Stativ, in einem Kasten verpackt, wiegt 22 kg und wird, mit Spitzenvorrichtung von Hechelmann, um den Preis von etwa 1000 Mark hergestellt.

Zur Beleuchtung des Gebrauches des Apparates wird am Schlusse ein Beispiel für die Beobachtung und Berechnung gegeben; und zwar wird hierbei ein Fall gewählt, in welchem die Aufhängung des Magneten mittels Kokonfaden bewirkt ist, was als die schwierigere Beobachtung gewählt wird, weil die Aufhängung auf Spitzen sich als das einfachere Verfahren ohne weitere Anleitung ergibt.

II. Beschreibung des Bambergschen magnetischen Theodoliten nebst Anweisung zu Beobachtungen mit demselben.

Der Bambergsche Theodolit ist in einem Transportkasten von 38,5 cm Länge, 32 cm Höhe und 28,5 cm Breite untergebracht. Das Gewicht von Theodolit und Kasten beträgt 18,5 kg, das dazu gehörige dreibeinige Stativ von 1,35 cm Länge wiegt 8 kg.

Der Transportkasten enthält zwei Auszüge, auf die die einzelnen Instrumentteile festgelagert sind. Auf dem oberen Auszug befindet sich, von Leisten gehalten: das Inklinationsgehäuse, mit dem auf halbe Grade geteilten Spiegelkreise, das

Fernrohr, eine Aufsatzlibelle zur Bestimmung der Neigung der Fernrohrachse, ein Kästchen mit zwei 11 cm langen Inklinationsnadeln, ein Kasten, enthaltend Hollundermark, Reservepinnen, Kokonfäden und Lederläppchen, und aufserdem auch ein Kasten,

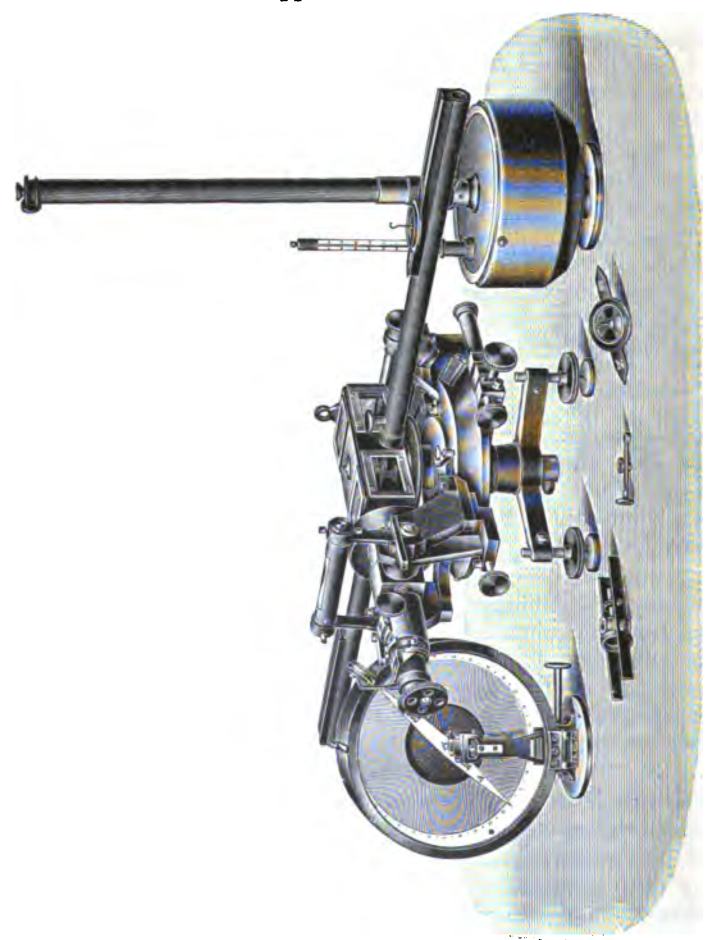


Fig. 9.

in dem der umlegbare Deklinationsmagnet, ein messingener Torsionsstab, Trägheitsring und eine kleine, nicht umlegbare Magnetnadel mit Spiegel, die bei den Ablenkungsbeobachtungen als abgelenkte Nadel dient, untergebracht sind. Der untere

Auszug trägt den magnetischen Theodoliten, dessen verdeckt liegender Horizontalkreis von 13 cm Durchmesser durch zwei einander gegenüberliegende Nonien auf halbe Bogenminuten ablesbar ist. Ferner trägt dieser Auszug die Schwingungsdose, einen Magnetisiertisch, ein Etui mit den beiden 7,8 cm langen Ablenkungsmagneten, das Suspensionsrohr für Schwingungsbeobachtungen, ein Thermometer im Etui, eine Lupe, einen Stiftschlüssel, ein Ölfläschchen, eine Flasche mit Vaselin und einen Haarpinsel.

An dem linken Innenrand des Transportkastens lagern auf einem Träger die beiden 25,5 cm langen Ablenkungsschienen und auf dem Boden des Kastens zwei 15,2 cm lange Streichmagnete, die beim Ummagnetisieren der Inklinationsnadel Verwendung finden. An der Innenseite der Tür endlich sind Pinzette, Reiber zum Erschüttern der Nadel beim Einstellen, Staubpinsel, zwei Stellstifte, zwei Schraubenzieher und die drei Fufsplatten des Theodoliten untergebracht. Damit die Teile ihren richtigen Platz im Transportkasten erhalten, sind die einzelnen Stellen mit dem Namen des dahin gehörigen Instrumentteiles bezeichnet. Um zu verhüten, dafs durch unzweckmäfsige Lagerung eine Schwächung der Magnete eintreten könnte, findet sich in den Magnetkästen und den Etuis angegeben, wo die Nordenden liegen müssen.

Der magnetische Theodolit von Bamberg ist in den wesentlichsten Teilen nach denselben Grundsätzen konstruiert, wie der vorhin beschriebene von Neumayer-Hechelmann, d. h. es ist der Lamontsche Reisetheodolit nach modernen Grundsätzen und mit Spitzenaufhängung eingerichtet. Es befindet sich in Figur 9 eine Abbildung dieses verzugsweise in der kaiserl. Marine verwendeten Instrumentes, die die Konstruktion im einzelnen zeigt. Es bedarf zum Verständnis des ganzen Apparates wohl keiner eingehenden Erklärung. Um auf alle Fälle gerüstet zu sein, ist es wünschenswert, einen völlig eisenfreien Topographenschirm zum Schutze des Instrumentes bei Beobachtungen zu besitzen; ferner mufs eine gute Taschenuhr, deren Stand gegen mittlere Ortszeit bis auf Bruchteile der Zeitminute bekannt sein mufs, und für die Schwingungsbeobachtungen ein mittlere Zeit anzeigendes Chronometer zum Instrumentarium des zu Zwecken erdmagnetischer Beobachtung Reisenden gehören.

Die schon früher (S. 403) angegebenen Mafsnahmen für die Auswahl einer magnetischen Station im Felde und die dabei zu beobachtenden Vorsichtsmafsregeln gelten begreiflicherweise auch für den Bambergschen Theodoliten.

Um das Auffinden des Platzes durch später dorthin kommende Beobachter zu erleichtern, ist es erforderlich, eine genaue Beschreibung der topographischen Lage der Beobachtungsstelle (womöglich mit erläuternder Zeichnung) anzufertigen.

Es ist besonders auf geologisch und magnetisch interessante Punkte bei der Aufstellung des Instrumentes zu achten, wie beispielsweise auf der Gazellehalbinsel in Neupommern oder in der Nähe der Kingua-Fjordsstation (1882/83) der Sand stark eisenhaltig war. Gerade solche Orte sind eingehend magnetisch zu untersuchen. Sehr häufig kommt es vor, dafs ein einzelner Bergkegel von basitischem Gesteine, wie Mount Useful in Südost-Australien (siehe Neumayers magnetische Vermessung von Australien), einen starken magnetischen Einflufs ausübt. In einem solchen Falle wird man rings um den Berg an mehreren passend gelegenen Stellen des Abhanges beobachten, um aus diesen Messungen die störenden Kräfte der Gröfse und Richtung nach bestimmen zu können. Allgemeine Regeln lassen sich für solche Fälle nicht aufstellen, es mufs der Einsicht und dem Interesse der Beobachter überlassen bleiben, die richtige Auswahl zu treffen und das Erforderliche anzuordnen. Im übrigen gelten auch für die Beobachtungen mit diesem Instrumente die für erdmagnetische Beobachtungen allgemein gültigen Regeln. Vor allem mufs der Instrumentkasten während der Beobachtungen genügend weit von der Beobachtungsstelle gelagert werden, und der Beobachter mufs darauf achten, dafs an ihm selbst, seiner Kleidung usw. keinerlei eisenhaltige Objekte, die störend auf die Beobachtungen einwirken müfsten, sich befinden. Es ist darauf zu achten, dafs durch Einfetten der Magnete mit säurefreier Vaseline oder ungesalzenem Schweinefett diese vor Rosten geschützt werden. Vor dem jedesmaligen Gebrauche müssen die Magnete durch vorsichtiges Abreiben mit dem Lederläppchen von dem anhaftenden Fett befreit werden. Dies gilt ganz besonders von den Ablenkungsmagneten und den Inklinationsnadeln. Bei diesem Instrumente gilt, wie dies bei jedem andern der Fall ist, dafs durch vorsichtiges Behandeln des Instruments und namentlich der Magnete der Wert der Beobachtungsergebnisse zu einem grofsen Teile bedingt wird.

In welcher Reihenfolge man die drei magnetischen Gröfsen — Deklination, Horizontalintensität und Inklination — vornimmt, ist an sich gleichgültig, doch dürfte es sich empfehlen,

die Inklinationsmessungen im Anschlusse an die Deklinationsbestimmungen auszuführen, da man aus letzteren die Lage des magnetischen Meridians auf dem Kreise erhält, die in den meisten Fällen für die Inklinationsbestimmung notwendig ist.

Die früher gegebenen Winke über die Azimutbestimmungen zur Bestimmung der magnetischen Deklination gelten auch für den Theodoliten von Bamberg; nur ist dabei zu beachten, dafs in diesem Falle die Sonne bis zu einer Höhe von 40^0 direkt beobachtet werden kann.

Es seien nun zunächst über das Beobachtungsverfahren einige erläuternde Worte gegeben. Zunächst wird das Stativ aufgestellt und fest mit den drei Spitzen in den Boden getrieben, wobei man darauf zu achten hat, dafs der Stativkopf annähernd wagerecht liegt. Nachdem man die drei Fufsplatten auf den Stativkopf gelegt hat, setzt man den Theodoliten mit Fernrohr auf und schraubt ihn am Stativ fest. Darauf wird das Instrument mit Hilfe der Libelle und unter Benutzung der drei Fufsschrauben in der bekannten Weise gut horizontal gestellt. Zunächst sind nun einige Berichtigungen vorzunehmen, und zwar zuerst am Fernrohr; dieses ist durch Ausziehen oder Einschieben des Okulars in den Auszug auf deutliches Sehen einzustellen. Ob die richtige Stellung erreicht ist, erkennt man daran, dafs ein an den Faden gestelltes fernes Objekt beim seitlichen Hin- und Herbewegen des Kopfes seine Lage zum Faden nicht ändert, auch darf der Faden nicht doppelt erscheinen. Nach richtiger Einstellung des Okular auf deutliche Sehweite wird durch Auf- und Niederschrauben des Fernrohrs mittels der Feinschraube festgestellt, ob bei gut nivelliertem Instrument der Faden auch senkrecht ist.

Steht der Faden nicht genau senkrecht, so weifs jeder Beobachter von einiger Erfahrung, was er zur genauen Adjustierung desselben zu tun hat. Auch die übrigen Adjustierungen sind bei diesem Instrumente ganz dieselben wie bei ähnlichen Apparaten und können, da der Beobachter als damit vertraut angenommen wird, hier übergangen werden.

Um sicher zu sein, dafs während der anzustellenden Beobachtungen keine Drehung des Instrumentes stattfindet, ist es in diesen wie in allen ähnlichen Fällen unerläfslich, dafs beim Anfang und beim Schlusse aller Messungen am Horizontalkreise ein fernes möglichst in der Nähe des Horizonts liegendes und gut sichtbares Objekt — Mire — eingestellt wird. Nur die gute Übereinstimmung der Ablesung für die Mire am Anfange und am Schlusse der Messung ist der Beweis dafür,

dafs die Beobachtungen verwertbar sind. Zeigen sich Unterschiede, die $\frac{1'}{2} - 1'$ überschreiten, so sind die Beobachtungen mit Vorsicht zu verwerten, da man alsdann annehmen kann, dafs das Instrument durch Nachgeben des Stativs oder durch einen Stofs, der nicht immer vom Beobachter bemerkt zu sein braucht, aus der ursprünglichen Lage verschoben wurde.

Man kann alsdann zu den astronomischen Beobachtungen, zur Bestimmung des Nordpunktes des Horizontalkreises übergehen, wobei eine oder die andere der in einem früheren Abschnitte bereits beschriebenen Methoden unter Zurateziehung der in den Ausführungen im Abschnitte über geographische Ortsbestimmungen gegebenen Winke angewendet werden kann.

Zur Bestimmung der Mifsweisung ist noch die Ermittelung der Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreis erforderlich. Der Unterschied des astronomischen und magnetischen Meridians ist, wie wir wissen, die magnetische Deklination oder Mifsweisung. Zur Bestimmung der Lage des magnetischen Meridians bedient man sich bei diesem Instrumente des grofsen, aus vier Lamellen bestehenden umlegbaren Magneten, dessen Magnetpaare an einem aus Aluminium verfertigten Gestelle festgeschraubt sind. Dieses Gestell trägt ferner an der einen Seite einen Planspiegel und an der andern ein kleines Laufgewicht. In der Mitte des Gehäuses, in dem der Magnet sich bewegt, befindet sich die den Magneten tragende Pinne, die stets von vorzüglicher Beschaffenheit sein mufs. Es ist sehr anzuraten, dafs sich der Beobachter jedesmal vor dem Beginne der Beobachtung von dem Zustande der Pinne überzeugt und auch mittels einer feinen Nadel untersucht, ob das Hütchen nicht etwa Sprünge hat oder sonst unbrauchbar wurde. Stumpfe, verbogene oder verrostete Spitzen müssen gegen neue ausgewechselt werden; man findet einen kleinen Vorrat von Spitzen in einer Glasröhre im kleinen Holzkästchen. Ferner mufs darauf geachtet werden, dafs die Spitzen fest in dem Pinnenträger sitzen und nicht etwa schlottern. Sollte letzteres der Fall sein, so ist die Halteschraube zu entfernen und der dann sichtbar werdende viergeteilte Kopf des Pinnenhalters etwas zusammenzudrücken.

Die Beobachtungen beginnen wieder mit der Einstellung der Mire; um diese aber frei von der etwaigen prismatischen Brechung des Glases an der Rückseite des Kastens zu erhalten, mufs dieses Glas während der Mirenbeobachtung entfernt werden.

Um den Deklinationsmagneten auf der Pinne zur Schwebe zu bringen, schraubt man zunächst nach Entfernen des Deckels durch Drehen der unter dem Magnetgehäuse befindlichen Scheibe die Aufhebevorrichtung in die Höhe, legt dann den Magneten darauf und bringt durch vorsichtiges Zurückdrehen den Magneten auf die Pinne. Sollte nun der Magnet nicht genau horizontal liegen, sondern nach vorn oder hinten geneigt sein, so ist derselbe wieder mit Hilfe der Abhebevorrichtung von der Pinne zu entfernen und durch entsprechendes Verstellen des Laufgewichtes dafür zu sorgen, dafs der Magnet eine horizontale Lage annimmt.

Bei diesem, wie bei den Lamontschen Theodoliten überhaupt, wird man beim Durchsehen durch das Fernrohr in den meisten Fällen ein halbes Kreissegment mit Vertikalfaden (das reflektierte Bild von Beleuchtungsprisma und Faden) hin und her schwingen sehen. Beobachtet man unter freiem wolkenlosen Himmel, so erscheint der gespiegelte Faden weifs auf dunklem Hintergrunde, bei bewölktem Himmel oder unter einem Schirm aber schwarz auf hellem Hintergrunde. Legt man auf das Beleuchtungsprisma ein Stück angefeuchtetes, weifses Seidenpapier, so erreicht man dadurch, dafs der gespiegelte Faden schwarz auf hellem Untergrund scharf zum Vorschein kommt.

Hat man das vom Magnetspiegel herrührende Spiegelbild des Fadens aufgefunden, so kann man zur Einstellung schreiten. Zur Überwindung der kleinen Reibung zwischen Pinne und Hütchen ist auf dem Dekelglase des Magnetgehäuses eine kleine Spitze angebracht, mittels welcher man durch zartes Reiben mit dem dem Instrumente beiliegenden „Reiber" eine Erschütterung hervorbringt, was nie beim Einstellen auf den Faden im Spiegel versäumt werden sollte (S. 434). Auch hat man sich zu versichern, dafs, ehe man von der Einstellung bezw. Ablesung der Nonien überzeugt sein darf, der Magnet frei im Gehäuse schwebt.

Der vorhin beschriebene Deklinationsmagnet ist zum Umlegen eingerichtet und deshalb mit dem früher genannten Achat- oder Rubinhütchen versehen. Wie man zu verfahren hat, um das Umlegen ohne Nachteil für die Beständigkeit der einzelnen Teile des Magneten zu vollziehen, ergibt sich am besten aus Erfahrung und Übung. Bei dieser Handlung, die zur Bestimmung bezw. Eliminierung der Kollimationsfehler des Spiegels, wie wir früher gezeigt haben, dient, mufs mit der gröfsten Vorsicht und Zartheit verfahren werden.

Zur Bestimmung der Horizontalintensität mit dem Bambergschen Theodoliten sind besondere Einrichtungen getroffen:

1. ein kleiner mit Spiegel versehener Magnet, auf welchen mittels des Fernrohrs nach den genugsam bekannten Grundsätzen eingestellt werden kann zur Feststellung der Richtung der freien und abgelenkten Nadel; eine besondere Beschreibung erheischt diese kleine Nadel, die schon in der Einleitung angedeutet wurde, nicht;
2. die an den Theodoliten angebrachte Schiene usw. für die Ablenkungen und
3. der Schwingungskasten mit Thermometer und anderm Zubehör, wie gleichfalls in der Einleitung zu dieser Beschreibung erwähnt (S. 438 ff.).

Da, wo von den Beobachtungsmethoden für die Horizontalintensität die Rede war, wurden bereits eingehend die Teile des Bambergschen Theodoliten 8524, die sich auf die Punkte 2 und 3 beziehen, beschrieben; es darf deshalb darauf verwiesen und soll hier nicht weiter darauf zurückgekommen werden.

Wie schon erwähnt, ist ähnlich, wie bei dem Neumayer-Hechelmannschen Theodoliten und bei der obigen Beschreibung dieses Instruments hervorgehoben wurde, ein Nadelinklinatorium vorgesehen, das in keinen wesentlichen Teilen von den bekannten Instrumenten dieser Art abweicht. Da, wo von den Beobachtungsmethoden die Rede war, wurde alles Erforderliche schon hervorgehoben. Über die Gröfsenverhältnisse der Nadeln des Bambergschen Theodoliten Nr. 8524 wurde schon in der Einleitung dieses Abschnittes berichtet.

VI. Verwertung der magnetischen Beobachtungen.

Es ist an jener Stelle dieser Arbeit, wo von den periodischen Schwankungen gesprochen wurde, von einigen charakteristischen Schwankungen in den Elementen die Rede gewesen. In Einzelheiten dieses hochwichtigen Gegenstandes einzugehen, müssen wir uns an dieser Stelle versagen. Es mag genügen, auf das hinzuweisen, was in Neumayers „Atlas des Erdmagnetismus", S. 14 ff., gesagt ist, wodurch derjenige, der sich mit der praktischen Seite dieser Frage zu beschäftigen hat, für die verschiedenen Punkte der Erde sich zu orientieren vermag. Ein gleiches mag gesagt werden von dem von der deutschen Seewarte herausgegebenen Werke „Der Kompafs an Bord", wo auf S. 26—29 durch Diagramme erläutert, die verwickelten Erscheinungen der täglichen Periode der magnetischen Elemente nach dem gegenwärtigen Stande unsrer Kenntnis dargelegt sind. Es erhellt daraus, dafs bei der Verwertung der magnetischen Beobachtungen auf die Periode,

innerhalb welcher dieselben gemacht worden sind, Rücksicht zu nehmen ist, d. h. es sind in Fällen, wo die gleichzeitigen Lesungen von Variationsinstrumenten nicht zur Verfügung stehen, die Beobachtungen, also die Elemente des Erdmagnetismus, auf einen Mittelwert des oder der Elemente innerhalb der Periode zurückzuführen. Unsre Kenntnis dieser Erscheinungen ist gegenwärtig noch lange nicht in dem Maſse vollständig, daſs eine Zurückführung auf Mittelwerte, wie soeben angedeutet, allenthalben und zu allen Zeiten mit der wünschenswerten Schärfe ausgeführt werden könnte. Es mag hier genügen, auf die Wichtigkeit der Sache hingewiesen zu haben, namentlich auch um den Reisenden darauf hinzuweisen bezw. zu veranlassen nachzuforschen, ob etwa innerhalb des gerade in Rede stehenden Gebietes noch Material, das zu irgendeiner Zeit zusammengetragen worden, vorhanden ist, um es erhalten und für seine Zwecke verwenden zu können. Solches gilt übrigens nicht nur in Beziehung auf die periodischen Veränderungen in den magnetischen Elementen, sondern mag auch als allgemein gültig und beachtenswert bezeichnet werden. Von den unperiodischen Schwankungen innerhalb einer Störungsperiode kann man nur sagen, daſs eine Zurückführung auf einen Mittelwert, wenn nicht als untunlich, so doch als zwecklos zu bezeichnen ist, daſs es also vermieden werden sollte, magnetische Beobachtungen innerhalb einer solchen Periode im Felde auszuführen, da die Verwertung der betreffenden Beobachtungen nach dem heutigen Stande des Wissens für die Erweiterung unsrer Kenntnis über den exakten Wert der Elemente kaum von Bedeutung ist. Der geübte Beobachter bemerkt sofort an den Bewegungen der Magnetnadel, wie in den einleitenden Bemerkungen zu diesem Abschnitt hervorgehoben, daſs er sich innerhalb einer solchen Störungsperiode befindet, und wird dadurch veranlaſst werden, die Beobachtungen nicht weiter fortzuführen bezw. zu unterbrechen, wie dies ebenfalls bereits früher empfohlen wurde. Innerhalb jener Gebiete der Erde, die nahezu beständig von magnetischen Störungen heimgesucht sind, begegnet man in der Befolgung dieser Weisung besonderer Schwierigkeit. Wie in solchen Fällen zu verfahren ist, um dennoch verwertbare Beobachtungen zu erhalten, kann hier nicht näher erörtert werden und muſs vielmehr besonderer Anweisung vorbehalten bleiben.

Nach dem Ergebnis neuerer Forschungen muſs der geologischen Gestaltung des Gebietes, auf dem die Beobachtungen ausgeführt werden, eine weit gröſsere Beachtung zugewendet werden, als dies bisher der Fall gewesen ist. Der Beobachter

wird wohl daran tun, sich über die geologischen Verhältnisse, wo und wann immer dies möglich ist, gründlich zu informieren; dafs diese Information sich nicht nur auf das zu erstrecken hat, was auf der Oberfläche ersichtlich ist, geht aus den Ergebnissen neuerer Forschungen zur Genüge hervor. Die Erstreckung der Formationen in einer gewissen Tiefe, die ja recht beträchtlich sein kann, so dafs sie noch auf die magnetischen Beobachtungen an der Oberfläche eine recht erhebliche Wirkung zu äufsern vermag, ist zu erforschen; es ist deshalb namentlich der Tektonik der Erdkruste an Ort und Stelle eine gründliche Beachtung zuzuwenden, was allerdings wohl nur in seltenen Fällen dem reisenden Beobachter selbst möglich sein wird, wohl aber an der Hand eingesammelten Materials zu erreichen sein dürfte. Es schliefst dies nicht aus, dafs auch durch Einsammeln und Aufbewahren des am Orte der Beobachtung vorhandenen geognostischen Materials für die Forschung Wichtiges erzielt werden kann. Man darf sich nur daran erinnern, dafs in bezug auf Permeabilität und Suszeptibilität der Gesteine hinsichtlich ihres magnetischen Verhaltens nur sehr wenig völlig Zuverlässiges bekannt geworden ist. Es ist in den einleitenden Bemerkungen schon hervorgehoben worden, dafs der erdmagnetische Beobachter seinen Standort mit aller Sorgfalt auszuwählen hat und namentlich darauf Bedacht nehmen mufs, dafs er die Nähe basitischer und Eruptivgesteine vermeidet.

Der Beobachter tut ferner gut daran, sich beim Eintreten in die Arbeiten über Erdmagnetismus zu vergegenwärtigen, welche hohen Ziele die erdmagnetische Forschung zu befolgen hat. Er wird alsdann von der Überzeugung geleitet werden, dafs es nach dem gegenwärtigen Stande nicht mehr genügt, Minderwertiges zur Verwertung zu bringen, und das Beste nur gerade gut genug ist, das Material zu liefern, welches die verwickelten Fragen der erdmagnetischen Erscheinungen einer Lösung entgegenzuführen vermag. Mag es sich darum handeln, auf der Grundlage neueren und besseren Materials in die weitere Entwicklung der Gaufsschen Potentialtheorie einzutreten oder die Erkenntnis über die Beschaffenheit des nächsten Erdinnern zu beleuchten, um möglicherweise daraus für die Bestrebungen der Menschen wichtige Folgerungen ziehen zu können, immer mufs der einsichtsvolle erdmagnetische Beobachter von der Überzeugung getragen sein, dafs es gilt, eine der wichtigsten und höchsten, in der Lösung eine Vertiefung der Erkenntnis verheifsenden Fragen zu fördern.

Diese Erwägungen finden ihre Anwendung sowohl hin-

sichtlich der Beobachtungen, die an Land oder auf hoher See gemacht werden. Die letzteren, die uns, abgesehen von den Einflüssen an Bord, welche der Beobachter zu bestimmen versteht, weiter von den unmittelbaren Einflüssen der Erdkruste auf die erdmagnetischen Elemente entfernen, versprechen gerade in dieser Beziehung ein besonders günstiges Resultat, so dafs einmal die Frage gestellt werden kann, ob man die erdmagnetischen Beobachtungen von hoher See nicht unabhängig von jenen, mit störenden Einflüssen behafteten Beobachtungen an Land der streng physikalischen Bearbeitung für sich unterwerfen sollte, wie das von geistreicher Seite schon angeregt worden ist. Zu diesem Behufe wird es allerdings der Vermehrung der ozeanischen Beobachtungen in erheblichem Mafse für alle Meere bedürfen, wie es gegenwärtig von seiten der amerikanischen Gelehrten für den nordpazifischen Ozean geplant ist. Auch die erdmagnetische Vermessung rund um die Erde längs eines Breitengrades, etwa des 50., wie es jüngst von deutschen Forschern vorgeschlagen wurde, gehört in dieses Gebiet.

Vor allem mufs das Bestreben darauf gerichtet sein, eine völlig zutreffende, auf eine bestimmte einheitliche Epoche zurückgeführte erdmagnetische Karte für den ganzen Erdball entwerfen zu können. Dazu besteht nun, nachdem in den Nord- und Südpolargebieten in den letzten Jahren gediegenes Material zusammengetragen wurde, begründete Aussicht, ebenso auf Feststellung der Lage der erdmagnetischen Pole und damit auf eine wesentliche Festigung der Grundlagen zur Entwerfung der erdmagnetischen Karten, wie wir diese Grundlagen durch die Forschungen des kühnen Roald Amundsen für den Norden zu erhalten hoffen.

Die Verwertung des erdmagnetischen Forschungsmaterials mufs, was zur Ermutigung dienen mag, zu grofsen, für die menschliche Erkenntnis segensreichen Ergebnissen führen.

VII. Beispiele zur Beleuchtung der Methoden und Berechnung der Beobachtungen.

1. Bestimmung der magnetischen Elemente in Hobart (Tasmanien) durch Dr. von Neumayer, zwischen dem 14. und 16. April 1864.

(Lamonts Reisetheodolit alter Konstruktion.)

Am 14. April 1864 wurde der Reisetheodolit von Lamont in dem Regierungspark in Hobart aufgestellt. Das Stativ

wurde so fest in die Erde gerammt, dafs es für einige Tage unverändert bleiben konnte. Die geographischen Koordinaten wurden abgeleitet zu:

42° 52′ 48″ Südl. Breite
147° 26′ 30″ Östl. Länge von Greenwich.

Mittels eines Reflexionskreises von Troughton und Sims, London, wurden die erforderlichen Zeitbestimmungen und die Ermittlung vom Azimut entfernter Objekte durch Distanzen zwischen Sonne und dem Objekte vorgenommen. Das Azimut eines trigonometrischen Signals auf Rumney' Hill (1236 engl. Fufs über dem Meere) wurde ermittelt zu: N 84° 30.24′ O, das eines entfernten Kamins zu N 74° 56.89′ O.

Es wurde darauf das Gehäuse für absolute Deklinationsbestimmung aufgeschraubt und die Lage der magnetischen Achse des Magneten in zwei Lagen auf dem Horizontalkreis festgelegt. Die Bestimmung der Torsion wurde in der gewöhnlichen Weise durch den Torsionskreis an der Aufhängeröhre vorgenommen und zu — 3.80′ gefunden. Daraus und aus den vorhin gegebenen Miren wurde die magnetische Deklination, reduziert auf die Skala der Variationsinstrumente des Observatoriums in Melbourne, zwischen $10^h\ 55^m$ a. bis $12^h\ 32^m$ p., bestimmt zu 10° 26.910′ östl.

Am Morgen des 15. April wurde der Intensitätsapparat auf dem Theodoliten aufgesetzt und die Ablenkungsbeobachtungen in der früher angegebenen Weise vorgenommen mit den beiden Nadeln 1 und 2. Die Ablesung der unabgelenkten Nadel (freien Nadel) war

zwischen $11^h\ 0^m$ und $11^h\ 24^m$ a. m. 319° 15.8′

und die Ablenkungen mit

Magnet 1 im Mittel aus 8 Ablenkungen nach Osten 294° 20.55′
„ „ „ 8 „ „ Westen 344° 6.08′

bei einer Temperatur von 17.3° R., woraus sich nach Lamonts Verfahren die Torsion zu + 3.06′ ergab und die Kollimation des Spiegels am Magnet in Verbindung mit der Deklinationsbestimmung am Tage vorher (da der Magnet nicht umlegbar ist) zu + 40.00′. Freie Nadel zwischen $11^h\ 14^m$ und $11^h\ 26^m$ 319° 5.80′.

Magnet 2 gab im Mittel aus 8 Ablenkungen nach Osten 285° 35.43′,

Magnet 2 gab im Mittel aus 8 Ablenkungen nach Westen 352° 43.77′ bei der Temperatur + 17.4° R.

Aus den Ablenkungen **M a g n e t** 1 ergibt sich der Ablenkungswinkel $\varphi = 24^\circ\ 52.60'$ für Ungleichheit der Winkel korrigiert bei $+ 17.3^\circ$ R. und

Aus den Ablenkungen **M a g n e t** 2 ergibt sich der Ablenkungswinkel $\varphi = 33^\circ\ 33.92'$ für Ungleichheit der Winkel korrigiert $+ 17.4^\circ$ R.

Aus den Ablesungen der freien Nadel und aus dem Mittelwert aus den Ablenkungen ergibt sich eine Differenz, aus der wir die Torsion des Fadens zu $+ 6.44'$ ableiten und unter Anwendung der ermittelten Kollimation des Spiegels am Magnet einen Mittelwert der magnetischen Deklination von $10^\circ\ 26.98'$ östl. auf das Variationsinstrument in Melbourne reduziert.

Darauf wurde der Kasten für Schwingungsbeobachtungen auf den Theodoliten aufgesetzt und mit beiden Magneten je zwei Reihen Schwingungen beobachtet nach einem Chronometer, das mir Herr Abbott, Vorstand des Observatoriums in Hobart, leihweise überliefs. Es wurde nach dem bekannten Schema Lamonts beobachtet, wonach jeder dritte Durchgang notiert und stets eine Reihe von zehn Durchgängen in drei verschiedenen, je 100 Schwingungen voneinander abliegenden Reihen beobachtet wurde. Es ergab sich daraus $\log T_1$, der Log der Zeit für eine Schwingung, nach Notierung des Schwingungsbogens auf unendlich kleine Bogen

für Magnet 1 $\log T = 0.656671$ bei 14.0° R. und ferner
für Magnet 2 $\log T = 0.602514$ bei 13.1° R.

Die Konstanten der Magneten wurden im Observatorium in Melbourne ermittelt zu:

für Magnet 1 $\log C = 0.78115$ und
" " 2 $\log C = 0.78651$ und

daraus die Formel

für Magnet 1: $\log H = 0.78115 - \log T - \frac{1}{2} \log \sin \varphi - 0.95\, t' + 8.15\, (t - t')$

für Magnet 2: $\log H = 0.78651 - \log T - \frac{1}{2} \log \sin \varphi - 0.95\, t' + 8.15\, (t - t')$.

t' und t sind die Temperaturen bei Ablenkungen und bei Schwingungen. Setzt man in die obigen Formeln die betreffenden Werte von φ, den Ablenkungswinkel ein, so ergibt sich

aus Beobachtungen des Magneten 1: $H = 2.05150$ G. E.
" " " " 2: $H = 2.05127$ G. E.

also im Mittel: $H = 2.05138$ G. E. $= 0.205138$ C. G. S. Eine Reduktion wurde in diesem Falle **n i c h t** auf das Variations-

instrument in Melbourne ausgeführt und gilt daher der Wert für das Mittel der Zeit der Beobachtung am 15. April 1864.

Am 16. April 1864 wurde auf derselben Station die magnetische Inklination mit den Differentialinklinatorium mit weichen Eisenstäben ausgeführt. Vor der Reise, wie auch nachher, wurde der Koeffizient $\frac{1}{K}$ auf dem Observatorium in Melbourne genauestens bestimmt. Nach Lamont (siehe „Handbuch des Magnetismus“, Seite 258) nimmt der Koeffizient $\frac{1}{K}$ mit den Jahren zu, d. h. die Induktionsfähigkeit des weichen Eisens nimmt ab. (Siehe auch Neumayer, Erdmagnetische Vermessung der bayerischen Rheinpfalz, Seite 25.) Die absolute Inklination war während der in Rede stehenden Zeit aus zahlreichen Beobachtungen mit dem Nadelinklinatorium ermittelt zu 67° 7.4′ südl. (J_0), der Ablenkungswinkel wurde, wenn genauestens reduziert, zu 28° 44.66′ (ψ_0) erhalten.

Die Ablenkungen mit den weichen Eisenstäben wurden nach dem oben erklärten Schema vorgenommen. Im nachstehenden geben wir die Mittelwerte aller Ablenkungen:

Aus vier Ablenkungen nach Westen ergab sich ein Mittelwert von 354° 39.31′ mit der Temperatur + 11.0° R.

Aus vier Ablenkungen nach Osten ergab sich ein Mittelwert von 283° 13.03′ mit der Temperatur + 11.0° R.

Daraus ergibt sich der nur für Ungleichheit der Winkel reduzierte Ablenkungswinkel (ψ) zu 35° 43.14′.

Aus den Ablesungen des Mikrometerniveaus ergibt sich nach den früheren Darlegungen die Korrektion für Abweichung der Stäbe aus weichem Eisen von der senkrechten Lage:

$$\begin{array}{l} \omega = \mathrm{O} - m = +0.27,\ \omega' = \mathrm{O}' - m = +0.17 \\ \sigma = \mathrm{S} - m = -0.04,\ \sigma' = \mathrm{S}' - m = -0.06 \end{array} \quad m = 0.47$$

ω und ω', sowie σ und σ' haben die in den Lamontschen Arbeiten über diesen Gegenstand eingeführte Bedeutung; m ist die durch Mikrometermessungen ermittelte Lage des Nullpunktes (siehe oben)

$$\begin{array}{rl} \psi = & 35^0\ 43.14' \\ \text{Korrektion} = & -\quad 0.07 \\ \hline \psi = & 35^0\ 43.07' \\ \text{Red. auf } 10^0\ \text{R.} = & -\quad 1.58 \\ \hline \text{Daher: } \psi = & 35^0\ 41.49 \text{ reduziert} \end{array}$$

$$\operatorname{tg} J = \frac{\sin \psi}{\sin \psi_0} \cdot \operatorname{tg} J_0 \ldots$$

$J = 70^\circ\ 49.30'$ Süd, Wert der Inklination zwischen $1^h\ 57^m$ und $2^h\ 44^m$ p. Am 13. April wurde eine zweite Bestimmung gemacht, die die Inklination ergab zu $J = 70^\circ\ 45.0'$ Süd, an derselben Stelle beobachtet, und zwar zwischen $3^h\ 1^m$ und $4^h\ 45^m$ p. Die Reduktion auf 10° R. war in diesem Falle von 17.8° R. auszuführen.

Die magnetischen Elemente ergeben sich daher für Hobart und die einzelnen Zeiten zu:

magnetische Deklination $10^\circ\ 26.910'$ östl.
„ Inklination $70^\circ\ 49.30$ südl.
horizontale Intensität 0.205138 C. G. S.

Ob diese Werte als nahezu unbeeinflufst von der geologischen Formation angesehen werden können, läfst sich nach der Kenntnis der geologischen Verhältnisse um Hobart nicht entscheiden. In nicht gar grofser Entfernung treten gewaltige basaltige Massen zutage, während die Station selbst auf einem Sandsteine sich befand; zu welcher geologischen Epoche dieser Sandstein gehört, war zu jener Zeit noch nicht bestimmt.

Der weiter oben in dieser Abhandlung abgebildete und beschriebene Reisetheodolit hat keine Aufhängung des Deklinations- und Intensitätsmagneten an Kokonfaden; es bewegen sich die Magnete, mit Ausnahme des zu Schwingungen benutzten, auf Spitzen und Hütchen. Dadurch fällt die Beobachtung und Bestimmung der Torsion weg, wodurch die Untersuchung wesentlich vereinfacht wird.

2. Bestimmung der magnetischen Elemente in Wilhelmshaven durch Professor Stück im Juni und Juli 1903.

(Bambergs Reisetheodolit neuester Konstruktion Nr. 7594.)

Der Ort der Beobachtung ist die Südwestecke des Gartens des kaiserlichen Observatoriums. Die geographischen Koordinaten sind:

Geogr. Breite $(\varphi) = 53^\circ\ 31.89'$ N.
„ Länge $(\lambda) = 0^h\ 32^m\ 35.2^s$ östl. von Greenwich
Datum: 4. Juni 1903 nachmittags.

Magnetische Deklination.

a) Bestimmung der Mire mit Hilfe der Sonne.

♁ Garnisonkirche $344^\circ\ 54.13'$ (Mittel aus mehreren Einstellungen).

Es wurden vier vollständige Beobachtungsreihen nach der Mitte der Sonne (⊕) mit den entsprechenden Chronometer-

zeiten ausgeführt, woraus sich der Südpunkt des Kreises zu 297° 37.8′ ergab; dann wurden die Miren eingestellt:

♀ = ... 344° 53.69′ (Mittel aus mehreren Einstellungen).

b) Bestimmung der Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreise).

♁ = ... 344° 53.44′ (Mittel aus mehreren Einstellungen durch das vordere Glas des Magnetgehäuses).

Der Deklinationsmagnet wird eingelegt:

A oben	285° 16.08′	$5^h\ 27^m\ 0^s$	Mittel aus mehreren Einstellungen,
B „	285° 29.41′	$5^h\ 30^m\ 0^s$	
A „	285° 16.09′	$5^h\ 32^m\ 0^s$	
B „	285° 28.20′	$5^h\ 35^m\ 0^s$	

Mittel . . . . . 285° 22.46′ Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreis,

♁ . . . . 344° 53.75′ Mittel aus mehreren Einstellungen.

Mittel aus allen Einstellungen des Deklinationsmagneten *A* oben 285° 16.10

Mittel aus allen Einstellungen des Deklinationsmagneten *B* oben 285° 28.81′

$$\text{Kollimation des Spiegels } (C) = \frac{A \text{ oben} - B \text{ oben}}{2} = 0^\circ\ 6.35'.$$

Aus den Beobachtungen nach der Mitte der Sonne (⦶) ergibt sich der

Astronomische Südpunkt auf dem Horizontalkreis	297° 37.8′
Kreisablesung der Mire	344° 53.9′
Azimut der Mire	S 47° 16.1′ W,

wenn Mire durch das vordere Glas des Magnetgehäuses beobachtet wird. Dementsprechend:

Astronomischer Südpunkt 297° 37.8′ — 0.3	= 297° 37.5′
Magnetischer Südpunkt	= 285° 22.5′
Magnetische Deklination von 5^h p. m.	= 12° 15.0′ westl.
Instrumentenkorrektion	+ 1.1′
Verbesserte Magnetdeklination	12° 16.1′ westl.
Reduktion auf das Tagesmittel . . .	+ 0.8′
Magnetische Deklination auf das Tagesmittel	12° 16.9′ westl.

Horizontalintensität.

Der Ort der Beobachtung ist auf einer Erdaufschüttung in der Südwestecke des Gartens des kaiserlichen Observatoriums zu Wilhelmshaven:

Instrument Bamberg N. 8524 und Chronometer M. 12
Datum und Zeit 1904 Juli 30 $9^h - 10^h$ a. m.
Beobachter N. N.

Es wurden erst Schwingungen und dann Ablenkungsbeobachtungen gemacht.

a) Schwingungsbeobachtungen.

Magnet I.

			Dauer von 100 Schwingungen	
0	$7^h\,19^m\,3.6^s$	100	$7^h\,23^m\,13.7^s$	($4^m\,9.6^s$)
3	11.4^s	103	20.7^s	9.3^s
6	18.5^s	106	28.0^s	9.5^s
9	26.4^s	109	35.7^s	9.3^s
12	33.5^s	112	42.9^s	9.4^s
15	41.2^s	115	50.4^s	9.2^s
18	48.5^s	118	57.7^s	9.2^s
21	56.2^s	121	5.2^s	9.0^s
24	3.7^s	124	12.7^s	9.0^s
27	11.2^s	127	20.4^s	9.2^s
30	$20^m\,18.7^s$	130	$24^m\,27.5^s$	8.8^s
				$4^m\,9.19^s$

60. Schwingung $21^m\,33.8^s$ — Dauer einer Schwingung 2.4919^s
Schwingungsbogen 4.1 p. 3.7 p. — $\log (T) = 0.39653$
Temperatur 20.0^0 C. — Reduktion $-\,28$

Auf unendliche kleine Bogen reduziert $= 0.39625$

			Dauer von 100 Schwingungen	
0	$7^h\,24^m\,42.5^s$	100	$7^h\,28^m\,51.5^s$	($4^m\,9.0^s$)
3	50.3^s	103	59.3^s	9.0^s
6	57.7^s	106	6.7^s	9.0^s
9	5.2^s	109	14.3^s	9.1^s
12	12.6^s	112	21.7^s	9.1^s
15	20.2^s	115	29.3^s	9.1^s
18	27.5^s	118	36.8^s	9.3^s
21	35.2^s	121	44.2^s	9.0^s
24	42.5^s	124	51.5^s	9.0^s
27	50.1^s	127	59.2^s	9.1^s
30	$25^m\,57.4^s$	130	$30^m\,6.5^s$	9.1^s
				$4^m\,9.08^s$

60. Schwingung $27^m\ 12.3^s$ Dauer einer Schwingung
Schwingungsbogen 2.3 p. 2.0 p. 2.4908^s
Temperatur 20.2° C. $\log (T) = 0.39634$
Reduktion — 8

Auf unendliche kleine Bogen reduziert $= 0.39626$
Mittel $\log (T) = 0.39625$
Temp. Mittel $t_T = 20.1°$. C.

Es wurden sodann die Schwingungen mit Magnet II ausgeführt, und zwar in völlig analoger Weise, so dafs eine ins einzelne gehende Wiedergabe der Beobachtungen zur Beleuchtung der Methode überflüssig sein würde.

Erhalten wurde im Mittel aus den beiden Reihen
$\log (T) = 0.38132$
Mittel der Temperatur $= 20.9°$.

b) Ablenkungsbeobachtungen.

Stand der Beobachtungsuhr — 30.2^m gegen mittlere Wilhelmshavener Zeit:

Mire (Schornstein) . . . . . 192° 9.75′
M. Meridian (Freie Nadel) . . . $9^h\ 58.7^m$ a. m. 20.8° C.
Mittel aus mehreren Einstellungen 157° 51.38′

Magnet II. Entfernung 200 mm.

Ost	Nordende	Ost	$10^h\ 1.7^m$	21.3° C.	189° 46.12′	189° 33.75′	$\varDelta_1 = 0.41°$ [1]
West	„	Ost	3.6	21.4°	189° 21.38′		
West	„	West	5.1	21.5°	126° 8.88′	126° 7.38′	$\varDelta_2 = 0.05°$ [1]
Ost	„	West	6.5	21.6°	126° 5.88′		

Mittel 157° 50.56′ $2[\varphi]$ 63° 26.37′
(φ) 31° 13.18′
Korrektion — 0.03′ $\frac{1}{2} \log \sin \varphi =$
φ_{II} 31° 13.15′ $= 9.86039$
Temp. $t_a = 21.4°$.

Magnet II. Entfernung 264 mm.

Ost	Nordende	West	$10^h\ 8.6^m$ a. m.	21.8° C.	144° 45.00′	144° 46.50′	$\varDelta_1 = 0.05°$
West		West	10.0	21.8°	144° 48.00′		
West		Ost	11.4	21.9°	170° 50.50′	170° 53.94′	$\varDelta_2 = 0.11°$
Ost		Ost	12.8	22.0°	170° 57.38′		

Mittel 157° 50.22′ $2(\varphi)$ 26° 7.44′
(φ) 13° 3.72′
Korrektion — 0.01′ $\frac{1}{2} \log \sin \varphi =$
$\varphi_{II} = 13° 3.71′$ $= 9.67706$
Temp. $t_a = 21.9°$ C.

M. Meridian (Freie Nadel) $10^h\ 15.0^m$ 22.0° C. 157° 48.25′.
Mittel aus mehreren Einstellungen.

---

[1]) Korrektion wegen Ungleichheit der Winkel. $\varDelta_1$ und $\varDelta_2$ bedeuten die Differenzen der Kreisablesungen bei Ablenkung der Nadel nach derselben Seite.

Es folgen nun hier die Ablenkungen mit **Magnet I** und **zwei** Entfernungen, die aber hier, da sie völlig analog mit den Ablenkungen mit Magnet II ausgeführt wurden, nicht im einzelnen wiedergegeben werden, da dies zur Beleuchtung der Methode überflüssig sein würde.

In Entfernung von 200 mm ergibt sich $\varphi_I = 28^0\ 15.01'$
$\frac{1}{2}$ log sin $\varphi = 9.83768$ Temperatur $t_a = 22.1^0$
In Entfernung von 264 mm ergibt sich $\varphi_I = 11^0\ 45.34'$
$\frac{1}{2}$ log sin $\varphi = 9.65454$ Temperatur $t_a = 22.3^0$
M. Meridian $10^h\ 30.6^m\ 22.3^0$ C. 157^0 48.75.
Mittel aus mehreren Einstellungen.
Mire (Schornstein): 192^0 9.88'. Mehrere Einstellungen.

Die Berechnung hat zu erfolgen nach den Formeln S. 415 ff. dieses Abschnittes.

Magnet I.

$$\log H = 9.49300 - [\log T + \tfrac{1}{2} \log \sin \varphi_I + 0.65\ t_a + 6.5\ (t_a - t_T)] \ \text{.. Entfernung 200 mm}$$

$$\log H = 9.30993 - [\log T + \tfrac{1}{2} \log \sin \varphi_I + 0.65\ t_a + 6.5\ (t_a - t_T)] \ \text{.. Entfernung 264 mm}$$

Magnet II.

$$\log H = 9.50083 - [\log T + \tfrac{1}{2} \log \sin \varphi_{II} + 0.65\ t_a + 7.1\ (t_a - t_T)] \ \text{.. Entfernung 200 mm}$$

$$\log H = 9.31747 - [\log T + \tfrac{1}{2} \log \sin \varphi_{II} + 0.65\ t_a + 7.1\ (t_a - t_T)] \ \text{.. Entfernung 264 mm.}$$

In diese Gleichungen werden die oben gefundenen Werte eingesetzt zur Berechnung der Horizontalintensität.

Es wird dadurch:

Magnet I.

	Entfernung 200		Entfernung 264	
$\log T =$	0.39626	$t_T = 20.1^0$ C.	0.39626	$t_T = 20.1$
$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_I =$	9.83768	$t_a = 22.1^0$	9.65454	$t_a = 22.1$
$+ 0.65\ t_a =$	+ 14	+ 2.0	+ 14	+ 2.0
$6.5\ (t_a - t_T) =$	+ 13		+ 13	
	0.23421		0.05107	
$\log C =$	9.49300		9.30993	
$\log H =$	9.25879		9.25886	
$H =$	0.18146		0.18149	

Magnet II.

$\log T =$	0.38132	$t_T = 20.9^0$	0.38132	$t_T = 20.9^0$
$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{II} =$	9.86039	$t_a = 22.4^0$	9.67706	$t_a = 21.9^0$
$+ 0.65\, t_a =$	$+ 14$	$+ 0.5$	$+ 14$	$+ 1.0$
$+ 7.1\, (t_a - t_T) =$	$+ 4$		$+ 7$	
	0.24189		0.05859	
	9.50083		9.31747	
	9.25894		9.25888	
	0.18152		0.18150	

Das Mittel ist: $H = 0.15149$ (C. G. S.) von $9^{1}/_{2}{}^{h}$ mittlere Wilhelmshavener Zeit.

Die Temperaturkoeffizienten der beiden Ablenkungsmagnete waren:

$$\alpha_I = 0.0002756 \qquad \alpha_{II} = 0.0003005$$

Zur Vervollständigung des Beispiels mögen hier noch die beiden Tafeln:

1. zur Reduktion des Logarithmus der Schwingungsdauer auf unendlich kleine Schwingungsbogen gegeben werden und
2. des Faktors F zur Korrektion des Ablenkungswinkels wegen der Ungleichheit der Ablenkungen. Die Korrektion berechnet man nach Formel $- F\,(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)$

ad 1. Die Länge der Magnete ist 76.4 m. m. Instrument Bamberg 8524.
Die Reduktion des Logarithmus der Schwingungsdauer (stets negativ).
(Einheiten der 5. Dezimale)

0.0 p.	0_0 p.
0.5	0_2
1.0	2_2
1.5	4_3
2.0	7_4
2.5	11_5
3.0	16_7
3.5	23_7
4.0	30_8
4.5	38_9
5.0	47_{10}
5.5	57_{10}
6.0	67

ad 2.

φ	F
10^0	0.506
11	0.462
12	0.424
13	0.393
14	0.366
15	0.343
27	0.205
28	0.199
29	0.194
30	0.189
31	0.185
32	0.181

Im Anschlusse an die Intensitätsbestimmung wurde mit dem Nadelinklinatorium des Theodolit Bamberg Nr. 8524 noch

am 30. Juli 1904 eine Inklinationsbestimmung mit zwei Nadeln ausgeführt.

Es wurden jedesmal die beiden Enden der Nadel abgelesen und davon das Mittel genommen. Aufserdem wurden stets drei Ablesungen in jeder der Lagen genommen und in folgender Zusammenstellung aufgegeben.

Inklinationsbestimmung.

Der magnetische Südpunkt lag bei 157° 49.5′ des Horizontalkreises.

Nadel II			Nadel I		
Gehäuse West			Gehäuse West		
Bezeichnung der Nadel			Bezeichnung der Nadel		
A oben		*A* unten	*A* unten		*A* oben
10h 42.5′ a. m.	Aufsen	10h 50.2m	11h 0.0′	Aufsen	11h 8.0m
67.70°		67.55°	67.80°		67.70°
67.75°		67.65°	67.60°		67.70°
67.60°		67.85°	67.50°		67.65°
Gehäuse Ost			Gehäuse Ost		
68.20°	Bez. Aufsen	67.60°	67.50°	Bez. Aufsen	67.85°
68.20°		67.60°	67.50°		67.85°
68.25°		67.55°	67.50°		67.85°
Bezeichnung Innen			Bezeichnung Innen		
67.80°		67.45°	67.55°		67.10°
67.80°		67.45°	67.75°		67.10°
67.85°		67.45°	67.80°		67.15°
Gehäuse West			Gehäuse West		
Bez. Innen			Bez. Innen		
67.80°		67.85°	67.95°		67.90°
67.65°		67.45°	68.00°		67.70°
67 85°		67.50°	67.95°		67.70°
10h 48.0m		10h 58.0m a. m.	11h 5.0 m		11h 12m a. m.

Werden die sämtlichen Werte gemittelt, so ergibt sich für:

	Nadel II	Nadel I
Inklination =	67.72° 10¼h a. m.	67.66° 10½h a. m.

Magnetische Beobachtungen an Bord.

Von

Dr. Friedrich Bidlingmaier.

Einleitung.

Unser Wissen von der erdmagnetischen Kraft bleibt ein Stückwerk, solange wir über den gröfsten Teil der Erdoberfläche, über das Weltmeer, eine so unvollkommene Kenntnis haben, wie es heute noch der Fall ist. Und doch erscheint eine systematische erdmagnetische Erforschung des Meeres dazu berufen, für wichtige Fortschritte im Verständnis des Erdmagnetismus die Grundlage zu schaffen. Es gilt daher, ein den Landbeobachtungen gleichwertiges Material von See zu schaffen. An Reisende, welche dieses Ziel vor Augen haben, wendet sich diese Anleitung und setzt dabei voraus, dafs dieselben mit erdmagnetischen Landbeobachtungen im allgemeinen vertraut sind.

(Vgl. Neumayer u. Edler, S. 387—457 dieses Bandes.)

I. Kapitel.

Die charakteristischen Schwierigkeiten der magnetischen Beobachtungen an Bord und ihre Überwindung.

Es sind drei Hauptschwierigkeiten, die sich den Beobachtungen, welche an Land verhältnismäfsig so einfach sind, entgegenstellen, wenn sie an Bord auf hoher See vorgenommen werden sollen. Sie sind verursacht

1. durch das Schwanken,
2. durch das Drehen,
3. durch das Eisen des Schiffes.

Dazu gesellen sich bei gröfseren Seereisen, z. B. beim Passieren des Äquators, noch einzelne Schwierigkeiten instrumenteller

Natur, die, an sich nicht charakteristisch für Bordbeobachtungen, nur bei einer starken Änderung der erdmagnetischen Elemente hervortreten, die aber bei der Vorbereitung einer grofsen Reise nicht aufser acht zu lassen sind.

§ 1. Überwindung des Schwankens.

Was zuerst dem Beobachter, der von Land her feste Einstellungen gewohnt ist, an Bord auffällt, ist die Tatsache, dafs es solche feste Einstellungen nicht mehr gibt. Alles schwankt; das Schiff auf den Wellen, auf dem Schiff der kardanisch aufgehängte Arbeitstisch mit dem Instrument, im Instrument endlich die Nadel; so schwankt die Magnetnadel gleichzeitig nach ihrem eigenen Rhythmus, nach dem des Tisches, des Schiffes und der Wellen. Die das Schlingern verursachenden Kräfte und damit auch die Abweichungen der Nadel von der gesuchten idealen Ruhelage ändern innerhalb kurzer Zeit mit einer gewissen Regelmäfsigkeit Sinn und Stärke. Man mufs also die Einzelmessungen so oft wiederholen, bis sie sich möglichst gleichmäfsig auf alle Phasen des ganzen Schwingungszustandes verteilen. Durch eine solche Häufung der Einzelmessungen kann man eine fortschreitende Annäherung an die Wahrheit bis zu einem gewissen Grade erzwingen; durch Häufung der Messungen wird die Unsicherheit des Schwankens überwunden. Die Einzelmessung selbst kann auf doppelte Weise gewonnen werden: das übliche Verfahren ist, dafs man sich in den Schwingungszustand der Nadel so lange vertieft, bis man sich nach Schätzung für eine Lage entscheiden kann, bezüglich der sich die komplizierten Schwingungen symmetrisch abspielen. Wo es sich nicht um Ablenkungen handelt, kann man aber auch diese zufälligen, kleineren Schwankungen untergehen lassen in einem grofsen, regelmäfsigen und ruhigen Schwingen, in das man die Nadel zu Anfang versetzt, indem man sie beträchtlich aus ihrer Mittellage entfernt und sich dann selbst überläfst. Darauf wird ganz exakt eine gröfsere Serie zusammenhängender Umkehrpunkte abgelesen, welche jedenfalls einige volle Schiffsschwankungen überdauert. Wesentlich ist, dafs die Reihe der Umkehrpunkte ununterbrochen zusammenhängt. Dieses Verfahren führt auch unter den schwersten Umständen, z. B. in den Sturmregionen der südlichen Westwindzone zum Ziel, befreit völlig von der Willkür des Schätzens und verteilt die Einzelbeobachtungen gleichmäfsig auf alle Phasen des Schwingungszustandes. Es ist jedoch hierbei eine ganz tadellose Justierung der Lager und Achsen notwendig.

Die Schiffsinstrumente sollen drei fundamentale Bedingungen erfüllen, was bei den heutigen Instrumenten noch keineswegs der Fall ist:

1. Sie sollen in allen ihren Teilen möglichst stark und fest gebaut sein, damit sie die Strapazen, denen sie bei den regelmäfsigen Beobachtungen auf hoher See und bei den Landungen ausgesetzt sind, ohne Schaden überstehen können.

2. Sie sollen das Beobachten auf dem schwankenden Schiff auf alle denkbare Weise erleichtern und vereinfachen. Vor allem mufs das Instrument dem Beobachter einen möglichst leichten und sicheren Überblick über den ganzen Schwingungsverlauf der Nadel gestatten. Zu dem Zweck soll es eine möglichst deutliche, dem blofsen Auge leicht erkennbare Kreisteilung besitzen; die Einteilung in ganze, höchstens halbe Grade genügt vollständig. Besondere Rücksicht ist auf die Helligkeit des Instruments zu nehmen. Endlich soll die Ablesevorrichtung möglichst einfach gehalten sein; Mikroskope sind zu vermeiden. Was nützt z. B. beim modernen Lloyd-Creak-Apparat, den wir unten näher kennen lernen werden, eine fast nur mit dem Mikroskop erkennbare Einteilung in $^1/_6$ Grade, wo doch die Nadel auf See innerhalb 5—10 und häufig noch viel mehr Graden hin und her schwankt! Sie nützt nichts, sie schadet nur durch ihre allzugrofse Feinheit, indem sie die Beobachtung ganz beträchtlich erschwert.

3. Endlich sollte bei jedem Schiffsinstrument die exzentrische Lagerung des Schwerpunkts der Nadel bezüglich ihrer Drehachse peinlich vermieden werden. Bedenkt man, in welcher Weise oft das Schiff von der See hin und her geworfen wird, so ist leicht einzusehen, wie die mechanischen Richtkräfte, welche an dem exzentrischen Schwerpunkt der Nadel angreifen, die rein magnetische Richtkraft stören, übertreffen, ja schliefslich gar nicht mehr zur Geltung kommen lassen. So sind z. B. die Messungen mit der belasteten Nadel des Lloyd-Creak-Apparates mitunter ganz problematischer Natur; so leistet andererseits die Bestimmung der Horizontal-Intensität durch Ablenkungen in der Nähe des Äquators ganz Vorzügliches, solange die Nadel zur Kompensierung der Inklination nicht oder nur wenig einseitig beschwert werden mufs, während bei wachsender Inklination diese Messung sehr schwierig wird und schliefslich fast Unmögliches fordert.

§ 2. Überwindung des Drehens.

Eine zweite Hauptschwierigkeit liegt in den fortwährenden Drehungen des Schiffes. Auch ein Dampfer kann niemals so exakt gesteuert werden, wie es z. B. für die Messung des Ablenkungswinkels einer Horizontalnadel nötig ist; ein Segelschiff, vollends wenn es beim Winde segelt, „giert“ oft in kurzer Zeit in mehreren Strichen hin und her, so dafs auch die gegen das Drehen unempfindlicheren Messungen mit dem Inklinatorium wesentlich gestört werden. Trotzdem ist man imstande, in exakter Weise auch dieser Schwierigkeit Herr zu werden. An Land bestehen ja im Grunde dieselben Schwierigkeiten, wenn es sich um die Messung von Gröfsen handelt, deren Ordnung in diejenige der täglichen Variationen fällt: an Land dreht sich die Richtung der Kraft, während das Instrument stille steht; an Bord ist es umgekehrt. Und wie an Land durch gleichzeitige Beobachtung der Variationsinstrumente jene Schwankungen der erdmagnetischen Kraft, so kann man an Bord die Drehungen des Schiffes durch gleichzeitige Beobachtung des Kompasses eliminieren. Der Kompafs ist das unentbehrliche Variationsinstrument an Bord.

Es ist also nötig, bei jeder Einzelbeobachtung den Stand des Kompasses zu notieren; daraus ist es dann in der Weise, die wir im einzelnen später kennen lernen werden, möglich, sämtliche Einzelbeobachtungen, die eine vollständige Messung ausmachen, strenge zu kombinieren und den Einflufs der Schiffsdrehungen exakt zu eliminieren.

§ 3. Schiffseisen.

Der schlimmste Feind der magnetischen Bordbeobachtungen, vor welchem nicht eindringlich genug gewarnt werden kann, ist das Eisen an Bord. Man entzieht sich seinem Einflufs, so gut es geht, durch die Wahl des Beobachtungsplatzes an Bord. Der noch übrig bleibende Einflufs kann auf See durch ein bestimmtes Beobachtungsverfahren in weitgehender Weise eliminiert werden; erlauben dies die Umstände nicht, mufs er durch Rechnung ausgeschieden werden. Die Grundlagen für diese Korrektionen werden durch besondere Untersuchungen an Landstationen gewonnen. Die ganze Deviationslehre ist in Kapitel III entwickelt.

Auf der Reise bleibt es jedoch die stete Pflicht des Beobachters, darauf zu achten, dafs während jeder Beobachtung die Lage der störenden Eisenteile stets dieselbe ist.

§ 4. Vorsichtsmafsregeln.

Vor Antritt einer grofsen Reise mufs man sich durch Überschlagsrechnung vergewissern, ob die Intensitätsmessungen bei den gegebenen Momenten der Ablenkungsmagnete und den gegebenen Entfernungen auch überall auf der geplanten Route möglich sind, bezw. ob die zu erwartenden Ablenkungswinkel nicht zu ungünstig ausfallen. So darf man z. B. für die Totalintensitätsbestimmung mit dem Lloyd-Creak-Apparat bei einer Reise von Europa über den Äquator als Ausgangswert des Ablenkungswinkels keinen Winkel wählen, der gröfser als 30° ist, falls immer dieselben Ablenkungsmagnete benutzt werden sollen. Bei den Inklinatorien achte man darauf, dafs der vordere Träger des Achsenlagers auf der einen Seite dasjenige Gebiet der Kreisteilung frei läfst, was er auf der andern Seite verdeckt, so dafs jede mögliche Inklination der freien oder abgelenkten Nadel wenigstens mit einer Spitze beobachtet und auch noch der angrenzende Bereich, in dem sich ihre Schwingungen abspielen, überblickt werden kann. Will man mit der belasteten Nadel des Lloyd-Creak-Apparates beobachten, ist eine Landstation in der Nähe des Äquators nötig, um die Belastung der Pole vertauschen zu können.

Damit haben wir zunächst ganz allgemein die Schwierigkeiten kennen gelernt, auf welche sich der Beobachter gefafst machen mufs; wir wollen nunmehr die praktischen Hilfsmittel und Vorbereitungen besprechen, die vor Antritt einer Seereise zu beschaffen und zu erledigen sind.

II. Kapitel.

Die erforderlichen Hilfsmittel und Vorbereitungen.

§ 5. Schiff und Beobachtungsplatz.

Nach den Ausführungen des letzten Kapitels ist dasjenige Schiff für eine magnetische Forschungsreise das geeignetste, welches am wenigsten Eisen enthält und welches am ruhigsten läuft. Zu letzterem Zweck sind Schlingerkiele dringend erwünscht; sie werden das Beobachten ungemein erleichtern. Eiserne Schiffe sind für unsern Zweck unbrauchbar, und das für die Verbände eines hölzernen Schiffes verwandte Eisen sollte symmetrisch zum mittleren Längsschnitt angeordnet sein. Bei einem Segler sind auch in der Takelage Stahl und Eisen

möglichst zu vermeiden: bei einem Dampfer bilden natürlich Maschinenanlagen und Dampfwinden die Hauptgefahr.

So ist denn der erste Gesichtspunkt für die Auswahl eines Beobachtungsplatzes an Bord die möglichste Entfernung von allen derartigen Eisenmassen. Von den Schiffen, welchen die grofsen magnetischen Forschungsreisen zu verdanken sind, z. B. Erebus und Terror, Challenger, Gazelle, Gaufs, Discovery, die mit Ausnahme der beiden ersten sowohl zum Segeln als auch zum Dampfen eingerichtet waren, scheint der „Gaufs" einen der ungestörtesten Beobachtungsplätze gehabt zu haben (von der „Discovery" liegen jedoch noch keine Beobachtungen vor). Es seien deshalb vom „Gaufs" einige charakteristische Zahlen angeführt: 8 m im Umkreis war alles Eisen vermieden: die Takelage war so gut wie eisenfrei; die Entfernung bis zum Beginn der Maschinenanlage betrug ca. 13,5 m; die Maschine indizierte 325 Pferdekräfte; die nächste Schiffswinde war 9 m entfernt. Nur in höheren magnetischen Breiten erreichte die Deviation in Deklination die Gröfse von 4°, diejenige in Horizontalintensität 4% ihres Wertes, um sie nur wenig zu überschreiten; die Deviation in Inklination ging nur wenig über 1° hinaus.

Für den Beobachtungsplatz ist ferner eine möglichst gute Rundsicht erforderlich, von wo aus Sonne und Landmarken möglichst ungehindert gepeilt werden können. Endlich mufs er mit einem Sonnendach ausgestattet sein, welches die Instrumente vor den Sonnenstrahlen schützt und doch den freien Durchzug der Luft nicht behindert. Hat man die Wahl, und gestattet es die Rücksicht auf Schiffseisen und Rundsicht, so ist die dem Metazentrum des Schiffes nähere Lage vorzuziehen.

Zur Ausstattung des Beobachtungsplatzes gehören 2 Stücke: der Schlingertisch und mindestens 3 m davon entfernt ein Kompafs, gewöhnlich der Regelkompafs an Bord. Am Schlingertisch sollen alle drei Elemente für wissenschaftliche Zwecke bestimmt werden, während der Regelkompafs nur zum Ablesen des Kurses und der Schiffsdrehungen während der Beobachtungen dienen soll. Nur für den Ort des Schlingertisches ist es dann nötig, mit wissenschaftlicher Genauigkeit die Konstanten des Schiffseisens zu ermitteln. Schon für diesen Zweck mufs der Schlingertisch mit einem Kompafs, den wir den Hauptkompafs nennen wollen, ausgestattet sein; aufserdem aber ist es zweckmäfsig, wenn der wissenschaftliche Beobachter jederzeit einen eigenen Kompafs zu Versuchen aller Art zur Hand hat, wofür der den Zwecken praktischer Navigation dienende Regelkompafs gewöhnlich nicht zur Verfügung steht.

Die Form des Schlingertisches mufs eine möglichst allseitige Zugänglichkeit, wegen des Schlingerns namentlich auch der unteren Partien des Instruments, gewährleisten. Ein darunter angebrachtes Pendel mit einem in Höhe verstellbaren Gewicht soll eine Abstimmung seiner Schwingungsdauer ermöglichen. Die äufsere Form scheint am zweckmäfsigsten beim Schlingertisch der „Discovery“ zu sein, die neuerdings auch von der „Coast and Geodetic Survey U. S. A.“ benützt wird. (Eine Abbildung siehe in den „Results of magnetic observations made by the Coast and Geodetic Survey between July 1, 1903 and June 30, 1904 Washington 1904, by L. A. Bauer pag. 194“). Auf dem Deckel des Hauptkompasses soll sich eine einfache Einrichtung befinden, welche die Aufstellung der Instrumente für Inklination und Intensität ermöglicht. Als Drehachsen der kardanischen Aufhängung scheinen sich runde Zapfen besser zu eignen als Schneiden, da durch die Zapfen die Eigenschwingungen des Schlingertisches besser gedämpft werden. Jederlei Kompensierung des Schlingertisches bezüglich des Schiffseisens ist natürlich zu vermeiden.

§ 6. Die Instrumente.

Aufser dem Kompafs, dem durch jahrhundertelange Erfahrung zu bewundernswerter Vollkommenheit gelangten Schiffsinstrument zur Bestimmung der Deklination, kommen zum Gebrauch auf hoher See auch unter schwierigen Verhältnissen noch drei Instrumente in Betracht, der Fox-Apparat, das Deviationsmagnetometer von Bamberg und der Lloyd-Creak-Apparat. Instrumentelle Detailbeschreibungen betreffend Kompasse, Fox-Apparat und Deviationsmagnetometer findet man z. B. im „Handbuch der Nautischen Instrumente“, herausgegeben vom Reichsmarineamt Berlin, während der Lloyd-Creak-Apparat bisher nur in dem oben erwähnten Bericht der Coast and Geodetic Survey pag. 192 abgebildet und kurz beschrieben ist. Wir begnügen uns hier damit, die wesentlichen Merkmale all dieser Instrumente hervorzuheben und demjenigen, der vor Antritt einer Reise an die Auswahl und Ausstattung seiner Instrumente geht, einige Erfahrungen und Gesichtspunkte an die Hand zu geben.

Die Kompafsrose von Thomson (Lord Kelvin), theoretisch die beste der existierenden Rosen, bewährt sich auch praktisch vorzüglich, auch unter den schwierigsten Verhältnissen. Sie bleibt ruhig selbst bei schwerem Arbeiten des Schiffes und ist dauerhaft trotz ihres losen Gefüges. Da sie indes vom

Schlingertisch, auf dem auch die Messungen von Inklination und Intensität vorgenommen werden, häufig weggenommen werden mufs, empfiehlt es sich, dem Magnetsystem eine leichte, starre Befestigung zu geben. Der einfachste Peilapparat ist der beste. Die Sonne wird am besten mit Hilfe des Schattenstifts beobachtet. Der geringeren Ablesegenauigkeit steht die gröfsere Einfachheit und Sicherheit der Beobachtung gegenüber; die Genauigkeit des Resultats kann dafür durch Vermehrung der Einzelbeobachtungen beliebig gesteigert werden.

Zur Bestimmung der Inklination und Intensität existieren die drei übrigen schon genannten Apparate. Dem alten Fox-Apparat, den wir mit F. bezeichnen wollen, sind die Ergebnisse aller grofsen magnetischen Seereisen bis zum Jahre 1900 zu verdanken. Als Verbesserung desselben hat Kapitän Creak, Mitglied der britischen Admiralität, den modernen Lloyd-Creak-Apparat (L. C.) konstruiert und für die Lloydsche Methode der Intensitätsbestimmung eingerichtet; seither ist der F. aufser Gebrauch gekommen. Das Deviationsmagnetometer nach Neumayer von Bamberg (D. B.), ein deutsches Instrument, hat erst auf einer grofsen Fahrt, auf der des „Gaufs", neben dem L. C. eine ausgedehnte Verwendung auf hoher See gefunden.

F. und L. C. sind weiter nichts als Inklinatorien, die aufser der Inklination auch die Total-Intensität durch verschiedene Ablenkungsarten der Inklinationsnadel zu beobachten gestatten, während D. B. sowohl einen Aufsatz für die Horizontalnadel zur Bestimmung von Deklination und Horizontalintensität, als auch einen solchen für die Inklinationsnadel enthält. Wir wollen an eine vergleichende Betrachtung dieser drei Instrumente die Erörterung aller wesentlichen Punkte knüpfen.

1. Instrumentelles. In der instrumentellen Einrichtung eines Inklinatoriums für den Gebrauch auf hoher See spielt die Lagerung der Nadelachsen eine Hauptrolle. Die sicherste Lagerung derselben enthält der F.: die Enden der Achsen ruhen je in der Spitze eines rings geschlossenen, kegelförmigen Ausschnittes von zwei Steinen, die freilich zum Einlegen und Herausnehmen der Nadel auseinander und zusammengeschraubt werden müssen. Durch diese Art des Einlegens werden im Lauf der Zeit Achsen und Lager stark abgenützt; auch liegt in der Beweglichkeit des einen Lagers eine gewisse Gefahr für seine Zuverlässigkeit, und zudem erweist sich in der Praxis jene feste Fassung der Achsen als unnötig, so dafs Kapitän Creak im L. C. die obere Hälfte jener Steinlager weglassen konnte, ohne dafs die Fixierung der Nadeln irgendwie darunter leiden würde. Dafür können nun

beide Steine ein für allemal fest eingesetzt werden, und diese gleichzeitige Festigkeit und Sicherheit der Lagerung sowohl wie der Arretierung bedeutet den instrumentellen Hauptfortschritt des L. C., der auch künftig vorbildlich sein wird; nur sollten die Enden des vorderen Trägers nicht so viel von der Kreisteilung verdecken. Die loseste Lagerung hat das Inklinatorium D. B., wo die Nadel, wie an Land, einfach auf zwei horizontalen Schneiden aus Stein ruht und nur gegen eine Verschiebung in Richtung der Achsen durch zwei vertikale ebene Steinflächen geschützt ist, gegen welche die spitzen Enden der Nadelachsen anliegen; dafür ist die Reibung sehr gering, so dafs mit dem Inklinatorium D. B. die in § 1 vorne erörterte Methode der Schwingungen mit ausgezeichnetem Erfolg angewandt werden kann. Das Gerüst, welches die Lager trägt, ist für die starke Inanspruchnahme der Instrumente an Bord und bei Landungen zu schwach gebaut. Die gröfsere Reibung der Lagerung von L. C. gegenüber von D. B. empfiehlt für L. C. das Schätzen der Mittellage, weil bei L. C. die fortwährenden Schwankungen kräftig gedämpft werden.

Die Nadeln selbst laufen um so ruhiger und gleichmäfsiger auf dem rollenden Schiff, je gröfser ihr Trägheitsmoment ist. Die Achsenenden der Nadeln von L. C. sind für die mitunter recht schwierigen Situationen an Bord und in kaltem Wetter gar zu fein. Jedenfalls ist dem Beobachter zu raten, sich reichlich mit solchen Nadeln zu versehen.

Ein schwieriges, bis jetzt noch nicht in befriedigender Weise gelöstes Problem bieten die Ableseeinrichtungen eines Bordinklinatoriums. Was zunächst die Kreisteilung betrifft, so ist dieselbe, wie schon erwähnt, viel zu fein bei L. C., mit dem blofsen Auge kaum erkennbar und bis zu $^1/_6{}^0$ getrieben. Vollständig genügend ist die Einteilung in ganze oder bei grofsen Durchmessern in halbe Grade, wie sie F. und D. B. haben. Für die Ablesung selbst sind bei den drei genannten Instrumenten drei verschiedene Arten vorgesehen. Am einfachsten ist sie beim D. B., wo das über der Kreisteilung schwingende Nadelende mit blofsem Auge abgelesen wird. Sie gewährleistet jedoch in keiner Weise die Vermeidung der Parallaxe und überläfst sie allein der stetigen Aufmerksamkeit des Beobachters. Den letzteren Mifsstand sucht F. dadurch zu vermeiden, dafs er das Nadelende zwischen zwei Teilkreisen schwingen läfst, von denen der innere einen etwas kleineren Durchmesser besitzt, und die beide bei dem Ablesen zur Deckung gebracht werden müssen; die Ablesung selbst geschieht durch eine Lupe. Dieses Verfahren ist bei dem ständigen

Schwanken der Nadel zu kompliziert und anstrengend. Eine dritte, im Prinzip die beste Ablesungsart hat L. C.: die Sehstrahlen des ablesenden Auges werden durch dieselbe senkrecht zur Kreisteilung fixiert; die Nadel selbst schwingt in der Ebene der Kreisteilung, und ein radialer Faden schneidet im Gesichtsfeld durch Nadelspitze und Kreisteilung. Nur ist auch hier die praktische Ausführung des L. C. viel zu fein für Bordgebrauch. Es sind Mikroskope verwandt, welche durch die enge Begrenzung ihres Gesichtsfeldes den Überblick über den Schwingungsverlauf der Nadel ganz erheblich erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen und welche aufserdem Schwierigkeiten in der Beleuchtung schaffen, die ohnehin durch den ganzen komplizierten Vorderbau des Instrumentes keine gute ist.

Als zweckmäfsige Ablesevorrichtung möchten wir einen einfachen Diopter etwa folgender Art vorschlagen: er besteht aus zwei radialen Strichen auf zwei Glasplättchen, welche Nadel und Kreisteilung in die Mitte nehmen; die beiden Striche liegen in einer Ebene, welche auf der Kreisteilung senkrecht steht. Die Striche werden so lange verstellt, bis sich die gesamten Schwingungen der Nadel symmetrisch zur Strichebene abspielen. Danach wird unabhängig von der Nadel die Teilung abgelesen. Es ist psychologisch wichtig, dafs dies Einstellen unabhängig von der Kreisteilung geschieht, weil so die Gefahr der Beeinflussung einer Beobachtung durch das Resultat der vorhergehenden vermieden wird, wie sie tatsächlich, namentlich bei dem geringen Gesichtsfeld des L. C., trotz aller Aufmerksamkeit empfunden wird.

2. Methodisches. Zur Bestimmung der Intensität ist bei jedem der drei Instrumente eine andere Methode angewandt. F. und L. C. bestimmen die Totalintensität, D. B. die Horizontalintensität. Auf die Ablenkungsmethoden von F. gehen wir nicht weiter ein, weil sie durch L. C. wesentlich überholt sind und aus theoretischen und praktischen Gründen für die Zukunft nicht mehr empfohlen werden können.

L. C. bestimmt die Totalintensität nach der Lloydschen Methode, d. h. eine Inklinationsnadel wird durch eine zweite Nadel abgelenkt, die senkrecht zu den Mikroskopen montiert, bei der Ablesung also senkrecht zur freien Nadel ist; die Ebenen beider Nadeln sind parallel; die Verbindungslinie ihrer Zentren ist senkrecht darauf. Der so gefundene Ablenkungswinkel gibt mittels einer an Land bestimmten Konstanten das Verhältnis zwischen dem Moment der Ablenkungsnadel und der Totalintensität, falls die abgelenkte Nadel im magnetischen Meridian schwingt. Nunmehr wird die an einem Ende beschwerte

ablenkende Nadel, welche genau die Form einer Inklinationsnadel hat, an Stelle der abgelenkten Nadel eingehängt. Aus der wirklichen Inklination und der Inklination dieser belasteten Nadel ergibt sich durch eine zweite an Land bestimmte Konstante das Produkt aus Totalintensität und dem Moment der Ablenkungsnadel. Das letztere wird durch Kombination beider Messungen eliminiert. Praktische Schwierigkeit bietet jedoch auf See die Bestimmung der Inklination der belasteten Nadel aus den in § 1, 3 angeführten Gründen. Von einer Verwendung der Mikroskope kann vielfach keine Rede sein, da die Schwankungen der Nadel zu stark sind, auf dem „Gaufs“ z. B. mitunter 100° überschritten. Anderseits macht die allzufeine Kreisteilung die Ablesung der Umkehrpunkte mit blofsem Auge sehr schwierig oder mit der Lupe mindestens recht mühsam. Theoretische Bedenken gegen diese Methode entstehen, wenn die mechanischen Richtkräfte, welche an dem exzentrischen Schwerpunkt angreifen, die rein magnetische Richtkraft nicht mehr recht zur Geltung kommen lassen.

Das D. B. gestattet die relative Horizontalintensität zu bestimmen, dadurch dafs eine Horizontalnadel auf Pinne nach Lamonts Methode abgelenkt wird. Es ist sehr zu raten, statt der üblichen Holzschiene eine solche aus Metall zu verwenden, welche in drei verschiedenen fixen Entfernungen die Ablenkungsmagnete einzusetzen erlaubt, so dafs überall auf der Erdoberfläche stets aus zwei Entfernungen beobachtet werden kann. Das Instrument ist mit einem kleinen Schwingungskasten ausgestattet, so dafs an Landstationen die mit Haken versehenen Ablenkungsmagnete zu Schwingungsversuchen verwandt, und dadurch ihre Momente kontrolliert werden können. Die Haken sind jedoch zu schwach und zu lang, so dafs eine Konstanz des Trägheitsmoments nicht genügend gesichert ist, und die Schwingungen wertlos werden können. Die Schiffsdrehungen gehen bei den Ablenkungen von D. B. mit ihrem vollen Betrag ein; wir haben jedoch in § 2 das Prinzip kennen gelernt, diese Schwierigkeit zu überwinden. Die praktischen Schwierigkeiten hängen davon ab, wie weit der Schwerpunkt der Nadel zur Kompensierung der Inklination exzentrisch gelegt werden mufs.

Es steht zu hoffen, dafs die durch Vorversuche auf dem „Gaufs“ erprobte Methode der Horizontalintensitätsbestimmung mit dem Doppelkompafs, wo aus dem Kurs zweier übereinander hängender Kompafsrosen ein relatives Mafs der Horizontalintensität gewonnen wird, zu einem brauchbaren Schiffsinstrument führen wird, welches die grofsen Vorzüge des

Kompasses unmittelbar den Horizontalintensitätsmessungen zugute kommen läfst, und dessen Messungen unabhängig von den Schiffsdrehungen sind.

Fassen wir das Ergebnis dieses Paragraphen kurz zusammen, so ergibt sich, dafs L. C. durch seine Lagerung der Nadelachsen und durch die Methode der Lloydschen Ablenkung dem alten F. überlegen ist. Die Beobachtungen mit L. C. sind jedoch häufig sehr erschwert durch die Feinheit der Teilung und die Verwendung von Mikroskopen, auch durch den Mangel an Beleuchtung; die Beobachtungen mit der belasteten Nadel sind unter Umständen zweifelhafter Natur. Sehr zu empfehlen ist es, neben dem L. C. zur Kontrolle ein D. B. zu verwenden. Die Horizontalintensitäts-Bestimmungen mit D. B. ergeben, solange die Inklination nicht zu grofs wird und etwa unter 40° bleibt, mindestens ebenso gute Resultate, als die Intensitätsmessungen mit L. C.; die Inklinationsbestimmungen mit D. B. nach der Methode der Schwingungen sind viel leichter und mindestens ebenso sicher wie diejenigen mit L. C. nach der Methode des Schätzens der Mittellage.

III. Kapitel.

Deviationslehre.

§ 7. Die charakteristischen Schiffskonstanten.

Es ist beklagenswert, dafs in diejenigen Gebiete, welche die Natur frei und rein von aller Lokalstörung darbietet, in die Gebiete des offenen Meeres, der Mensch selber die Lokalstörung durch sein eisenbergendes Fahrzeug einführt. Wohl bezwingt die Analyse der magnetischen Eigenschaften des Schiffes auch diese Schwierigkeit bis zu einem gewissen Grad, aber in der Veränderlichkeit jener Eigenschaften liegt eine stete Gefahr und die Mahnung, sie so oft als möglich während der Reise zu studieren. Von den zahlreichen einschlägigen Darstellungen der Deviationslehre verweisen wir auf die grundlegenden Arbeiten von A. Smith und F. J. Evans im „Admiralty Manual for the Deviations of the Compass", London und von C. Börgen im zweiten Band des Gazelle-Werks; letzterem Autor verdankt der Verfasser auch persönlich viele wertvolle Anregungen.

Im folgenden sei für den Beobachter, der fern von fremdem Rat und Hilfe zum Handeln nach eigenem Ermessen gezwungen ist, eine kurze vollständige Entwicklung der Grundlagen gegeben.

Wir setzen voraus, dafs alles Eisen an Bord sich in zwei Klassen scheiden läfst, in weiches Eisen, das beim Entstehen

und Vergehen eines magnetischen Feldes „induzierten Magnetismus“ annimmt und verliert, und hartes Eisen, das in bestimmter, dauernder Weise „permanent“ magnetisiert ist. In der Natur haben wir freilich auch zu rechnen mit Eisen, das der Induktion gegenüber eine gewisse Zähigkeit bewahrt, einerseits beim Einsetzen des äufseren Feldes nicht sofort die maximale Magnetisierung annimmt, anderseits beim Verschwinden desselben noch einen Teil von „remanentem“ Magnetismus zurückbehält, der erst allmählich sich verliert. Ebenso ist der sogenannte „permanente“ Magnetismus langsamen zeitlichen Veränderungen unterworfen. In diesen fliefsenden Verhältnissen ist die oben erwähnte Gefahr und Mahnung begründet.

Wir orientieren uns an einem Achsensystem mit zwei horizontalen und einer vertikalen Achse, dessen Nullpunkt im Beobachtungsort an Bord liegt, dessen X Achse nach dem Bug, dessen Y Achse nach dem Steuerbord, dessen Z Achse nach dem Kiel des Schiffes zeigt, und nennen mit XYZ die Komponenten der ungestörten erdmagnetischen Kraft nach diesen drei Achsen. Unter dem Einflufs des Schiffseisens werden jene Gröfsen etwas verändert, und wir wollen mit $X'Y'Z'$ die Komponenten der wirklichen an Bord herrschenden, gestörten Kraft bezeichnen. Diese setzt sich aus drei Teilen zusammen:

1. der normalen erdmagnetischen Kraft,
2. dem von ihr im Schiffseisen induzierten Magnetismus,
3. dem im Schiffseisen vorhandenen permanenten Magnetismus.

In einem weichen Eisenstab, der irgendwo an Bord festsitzt, wird von der Totalintensität T ein magnetisches Moment induziert, das proportional T und dem Cosinus des Winkels zwischen der Richtung der erdmagnetischen Kraftlinien und derjenigen des Eisenstabs, proportional $T \cos(T, S)$ ist. Gröfse und Richtung der von diesem Stab am Beobachtungsplatz ausgeübten Kraft ist gegeben durch die veränderliche Gröfse $T \cos(T, S)$ und durch gewisse konstante Gröfsen, die aus der Natur des Stabs und aus seiner konstanten Lage zum Beobachtungsplatz folgen. Wir können also die Komponenten seiner Kraft in der Form anschreiben:

X Komponente: $A \times T \cos(T, S) =$
$$AT[\cos(Tx)\cos(Sx) + \cos(Ty)\cos(Sy) + \cos(Tz)\cos(Sz)]$$
Y Komponente: $B \times T \cos(T, S) =$
$$BT[\cos(Tx)\cos(Sx) + \cos(Ty)\cos(Sy) + \cos(Tz)\cos(Sz)]$$
Z Komponente: $C \times T \cos(T, S) =$
$$CT[\cos(Tx)\cos(Sx) + \cos(Ty)\cos(Sy) + \cos(Tz)\cos(Sz)]$$

Summiert man die einzelnen Komponenten über alle Eisenstäbe, in die man sich das gesamte an Bord befindliche weiche Eisen zerlegt denken kann, so erhält man, wenn noch $T \cos(Tx)$ mit X, $T \cos(Ty)$ mit Y, $T \cos(Tz)$ mit Z ersetzt wird, die Komponenten der vom induzierten Magnetismus herrührenden Kraft in der Form:

$$\begin{aligned} X \text{ Komponente: } & aX + bY + cZ \\ Y \text{ Komponente: } & dX + eY + fZ \\ Z \text{ Komponente: } & gX + hY + kZ. \end{aligned}$$

$a\, b\, c \ldots k$ sind konstant, solange Natur und Lage des weichen Eisens konstant bleiben. Dazu kommen noch die Kraftkomponenten des permanenten Magnetismus, die ihrer Definition nach konstante Gröfsen sind, und die wir mit $P\, Q\, R$ bezeichnen wollen. Setzen wir somit die gestörten Komponenten $X'\, Y'\, Z'$ aus ihren einzelnen Teilen zusammen, so haben wir die Fundamentalgleichungen von Poisson:

$$\begin{aligned} X' &= X + aX + bY + cZ + P \\ Y' &= Y + dX + eY + fZ + Q \qquad\qquad 1. \\ Z' &= Z + gX + hY + kZ + R. \end{aligned}$$

Wir führen statt der horizontalen Komponenten die Begriffe Horizontalintensität und Kurs ein und nennen H die wahre Horizontalintensität und ζ den wahren magnetischen Kurs, nämlich den Winkel zwischen der Richtung nach dem wahren magnetischen Norden und der Richtung nach dem Bug des Schiffes, gerechnet von Nord über Ost von 0 bis 360°; H' und ζ' seien die entsprechenden gestörten Gröfsen an Bord; der Kompafskurs ζ' rechnet im selben Sinn von Nord der Rose an. D sei die wahre, D' die gestörte Deklination. Man nennt dann $\delta = \zeta - \zeta' = D' - D$ die Deviation des Kompasses, bezw. die Deviation in Deklination; sie ist positiv, wenn die Nordlinie der Rose im oben festgesetzten positiven Drehsinn vom wahren magnetischen Norden abweicht. In Inklination sei analog mit i die wahre, mit i' die gestörte Gröfse bezeichnet. Demnach gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} X &= H \cos\zeta & X' &= H' \cos\zeta' \\ Y &= -H \sin\zeta & Y' &= -H' \sin\zeta' \qquad 2. \\ Z &= H \operatorname{tg} i & Z' &= H' \operatorname{tg} i' \end{aligned}$$
$$\delta = \zeta - \zeta' = D' - D.$$

Setzen wir die Gleichungen 2 in 1 ein, so ergibt sich folgende Form der Fundamentalgleichungen:

$$
\begin{aligned}
\frac{H'}{H}\cos\zeta' &= (1+a)\cos\zeta - b.\sin\zeta + c.\,\mathrm{tg}\,i + \frac{P}{H} \\
-\frac{H'}{H}\sin\zeta' &= d.\cos\zeta - (1+e)\sin\zeta + f.\,\mathrm{tg}\,i + \frac{Q}{H} \\
\frac{Z'}{Z} &= g.\,\mathrm{ctg}\,i\cos\zeta - h.\,\mathrm{ctg}\,i\sin\zeta + 1 + k + \frac{R}{Z}
\end{aligned}
\qquad 3.
$$

Das Bisherige ist abgeleitet unter der Voraussetzung, dafs das Schiff horizontal liegt; aber bei Segelschiffen tritt häufig der Fall ein, dafs sie für längere Zeit mit einer beträchtlichen Neigung fahren. Das an Bord befindliche Eisen wirkt dann natürlich ganz anders. Es seien nun $X\,Y\,Z$ die wahren, $X'_\nu\; Y'_\nu\; Z'_\nu$ die gestörten Komponenten der magnetischen Kraft nach dem Bug, nach Steuerbord in der Horizontalebene und vertikal abwärts, während das Schiff mit einer Neigung von $+\nu^0$ nach Steuerbord überliegt, so sind dieselben durch folgende analoge Gleichungen miteinander verbunden:

$$
\begin{aligned}
X'_\nu &= X + a_\nu X + b_\nu Y + c_\nu Z + P_\nu \\
Y'_\nu &= Y + d_\nu X + e_\nu Y + f_\nu Z + Q_\nu \\
Z'_\nu &= Z + g_\nu X + h_\nu Y + k_\nu Z + R_\nu .
\end{aligned}
$$

Wie sich durch eine leichte Koordinatentransformation ergibt, hängen die neuen mit den alten Konstanten durch folgende Beziehungen zusammen:

$$
\begin{aligned}
a_\nu &= a \\
b_\nu &= b\cos\nu - c\sin\nu \\
c_\nu &= c\cos\nu + b\sin\nu \\
d_\nu &= d\cos\nu - g\sin\nu \\
g_\nu &= g\cos\nu + d\sin\nu \\
P_\nu &= P \\
Q_\nu &= Q\cos\nu - R\sin\nu \\
R_\nu &= R\cos\nu + Q\cos\nu \\
e_\nu &= e - (f+h)\cos\nu\sin\nu - (e-k)\sin^2\nu \\
f_\nu &= f + (e-k)\cos\nu\sin\nu - (f+h)\sin^2\nu \\
h_\nu &= h + (e-k)\cos\nu\sin\nu - (f+h)\sin^2\nu \\
k_\nu &= k + (f+h)\cos\nu\sin\nu + (e-k)\sin^2\nu .
\end{aligned}
$$

Ist also eine bei der Neigung $+\nu$ des Schiffes angestellte Beobachtung wegen des Schiffseisens zu korrigieren, so brauchen nur statt der $a\ldots R$ die $a_\nu\ldots R_\nu$ in die unten entwickelten Korrektionsformeln eingesetzt zu werden, als bekannte Funktionen der $a\ldots R$ und der Neigung ν. In praxi ergeben sich dabei ganz bedeutende Vereinfachungen, da die meisten

Glieder wegen ihrer Kleinheit ohne Schaden vernachlässigt werden dürfen. Die für die Neigung geltenden Korrektionsformeln unterscheiden sich daher in der Regel von den normalen nur durch einen leichten Zusatz, der von der Neigung abhängt.

§ 8. Ableitung der Schiffskonstanten aus Beobachtungen.

Im letzten Kapitel haben wir gesehen, wie man die Art und die Gröfse des störenden Schiffseinflusses mit Hilfe von 12 Konstanten darstellen kann; unser nächstes Ziel ist zu zeigen, wie man die numerischen Werte dieser Konstanten aus Beobachtungen ermittelt. Zu dem Zweck stellen wir zunächst eine zweckmäfsige Form der Beziehungen zwischen beobachtbaren Gröfsen und den Konstanten her. Wir fassen die beiden ersten Gleichungen des Systems 3 auf zweierlei Weise zusammen; das einemal, indem wir die erste mit $\sin \zeta'$, die zweite mit $\cos \zeta'$ multiplizieren und addieren, so dafs wir δ als Funktion von ζ und ζ' erhalten; das anderemal, indem wir die erste mit $\cos \zeta'$, die zweite mit $-\sin \zeta'$ multiplizieren und addieren, so dafs wir das Verhältnis der beiden H als Funktion von ζ und ζ' erhalten. So entstehen die beiden Gleichungen:

$$\begin{aligned}\left(1 + \frac{a+e}{2}\right) \sin \delta = {} & \frac{d-b}{2} \cos \delta \\ & + \left(c.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{P}{H}\right) \sin \zeta' + \left(f.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{Q}{H}\right) \cos \zeta' \\ & + \frac{a-e}{2} \sin (\zeta' + \zeta) + \frac{d+b}{2} \cos (\zeta' + \zeta)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{H'}{H} = {} & \left(1 + \frac{a+e}{2}\right) \cos \delta + \frac{d-b}{2} \sin \delta \\ & + \left(c.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{P}{H}\right) \cos \zeta' - \left(f.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{Q}{H}\right) \sin \zeta' \\ & + \frac{a-e}{2} \cos (\zeta' + \zeta) - \frac{d+b}{2} \sin (\zeta' + \zeta).\end{aligned}$$

Wir wollen nun folgende Abkürzungen einführen:

$$\begin{aligned}\lambda &= 1 + \frac{a+e}{2} & \mathfrak{B} &= \frac{1}{\lambda}\left(c.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{P}{H}\right) \\ \mathfrak{A} &= \frac{d-b}{2\lambda} & \mathfrak{C} &= \frac{1}{\lambda}\left(f.\,\mathrm{tg}\, i + \frac{Q}{H}\right) \qquad 4. \\ \mathfrak{D} &= \frac{a-e}{2\lambda} & \mu &= 1 + k + \frac{R}{Z} \\ \mathfrak{E} &= \frac{d+b}{2\lambda}.\end{aligned}$$

Endlich setzen wir in die beiden obigen Gleichungen, sowie in die letzte des Systems 3 $\zeta' + \delta$ statt ζ ein und können nunmehr die Poissonschen Formeln durch folgende 3 Fundamentalformeln ersetzen:

$$\text{I.}\ \sin\delta = \mathfrak{A}\cos\delta + \mathfrak{B}\sin\zeta' + \mathfrak{C}\cos\zeta' + \mathfrak{D}\sin(2\zeta'+\delta) + \mathfrak{E}\cos(2\zeta'+\delta)$$

$$\text{II.}\ \frac{1}{\lambda}\frac{H'}{H} = \cos\delta + \mathfrak{A}\sin\delta + \mathfrak{B}\cos\zeta' - \mathfrak{C}\sin\zeta' + \mathfrak{D}\cos(2\zeta'+\delta) - \mathfrak{E}\sin(2\zeta'+\delta) \qquad 5.$$

$$\text{III.}\ \frac{Z'}{Z} = g \text{ u. cotg } i \cos(\zeta'+\delta) - h \text{ ctg } i \sin(\zeta'+\delta) + \mu.$$

Wir diskutieren kurz den Inhalt dieser Gleichungen. Sie eröffnen uns die Möglichkeit, die 9 Koeffizienten $\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}\,\mathfrak{D}\,\mathfrak{E}\,g\,h\,\lambda\,\mu$ zu bestimmen, wenn an einem Ort die wahren Werte der Deklination, Horizontalintensität und Vertikalintensität bekannt sind und an Bord auf verschiedenen Kursen die entsprechenden gestörten Werte beobachtet werden, also die Möglichkeit, durch einfaches Drehen des Schiffes 9 charakteristische Koeffizienten zu ermitteln. Es kann zunächst auffallen, dafs statt der 12 Konstanten der Poissonschen Formeln 9 Koeffizienten genügen, die Deviation aller 3 Elemente darzustellen. Der Grund ist leicht einzusehen, wenn wir die 9 Koeffizienten ihrer Natur nach klassifizieren. Sie bestehen

1. aus den 6 der Definition nach konstanten Gröfsen $\lambda\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{D}\,\mathfrak{E}\,g\,h$,
2. aus den 3 der Definition nach von Ort zu Ort variablen Koeffizienten $\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}\,\mu$.

Die Gleichungen sagen also, dafs man durch Drehen des Schiffes $\lambda\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{D}\,\mathfrak{E}\,g\,h$ und damit auch $a\,b\,d\,e\,g\,h$, d. h. den Einflufs aller horizontal induzierten Eisenmassen vollständig, aufserdem aber nur noch $\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}\,\mu$, d. h. nur noch eine Kombination von Gliedern zu bestimmen vermag, welche den Einflufs der vertikal induzierten und permanent magnetischen Eisenmassen darstellen. So spricht sich in den Gleichungen die Tatsache aus, dafs sich beim Drehen des Schiffes die vertikal induzierten Eisenmassen wie permanent magnetische verhalten. Die Methode des Drehens an einem Ort reicht also nicht aus, die 12 charakteristischen Schiffskonstanten und damit die Deviation aller 3 Elemente für jeden beliebigen Ort zu ermitteln.

Nach der Form der Fundamentalgleichungen I und II pflegt man zu sagen, dafs die Deviation in Deklination und Horizontalintensität sich aus 3 Teilen zusammensetzt:

1. aus der „konstanten Deviation“,
   die $= \mathfrak{A} \cos \delta$ bei der Deklination, $= \lambda (\cos \delta + \mathfrak{A} \sin \delta)$ bei der Horizontalintensität ist. Konstant kann man diese Anteile deshalb nennen, weil $\cos \delta$ nahe $= 1$, $\mathfrak{A} \sin \delta$ nahe $= 0$ ist. Der konstante Teil der Deviation in Deklination wird durch $\mathfrak{A}$, bezw. b und d, d. h. durch die zum mittleren Längsschnitt des Schiffes unsymmetrisch gelegenen horizontalen weichen Eisenmassen hervorgebracht, der konstante Teil der Deviation in Horizontalintensität dagegen durch λ, bezw. a und e, d. h. durch die symmetrisch gelegenen horizontalen weichen Eisenmassen.
2. aus der „semizirkularen Deviation“,
   die $= \mathfrak{B} \sin \zeta' + \mathfrak{C} \cos \zeta'$ bei der Deklination, $= \mathfrak{B} \cos \zeta' - \mathfrak{C} \sin \zeta'$ bei der Horizontalintensität ist. Der Beitrag dieser „semizirkularen“ Glieder zur Gesamtdeviation nimmt nämlich bei einem vollständigen Kreislauf des Schiffes zweimal denselben Wert an. Die semizirkulare Deviation wird durch die vereinigte Wirkung der permanent magnetischen und der vertikalen weichen Eisenmassen hervorgebracht.
3. aus der „quadrantalen Deviation“,
   die $= \mathfrak{D} \sin (2 \zeta' + \delta) + \mathfrak{E} \cos (2 \zeta' + \delta)$ bei der Deklination, $= \mathfrak{D} \cos (2 \zeta' + \delta) - \mathfrak{E} \sin (2 \zeta' + \delta)$ bei der Horizontalintensität ist. Der Beitrag dieser Glieder zur Gesamtdeviation nimmt bei einem vollständigen Kreislauf des Schiffes viermal denselben Wert an. Die quadrantale Deviation wird von den horizontalen, symmetrisch und unsymmetrisch gelegenen, weichen Eisenmassen hervorgebracht. Bei einer guten Wahl des Beobachtungsplatzes pflegen die Koeffizienten $\mathfrak{A}\, \mathfrak{C}\, \mathfrak{E}\, h$, die von dem unsymmetrisch gelegenen Eisen herrühren, klein zu sein. Die wichtigsten Koeffizienten sind daher $\lambda\, \mathfrak{D}\, g\, \mathfrak{B}\, \mu$, die von dem symmetrisch angeordneten, horizontal und vertikal induzierten Eisen, sowie den permanent magnetischen Massen herrühren. Zahlenbeispiele der Koeffizienten siehe § 12.

Es erübrigt uns noch, die zweckmäfsige Wahl der Art und Anzahl von Beobachtungen, die zur Kenntnis der 9 Koeffizienten führen, ferner die Berechnung derselben, endlich die Auflösung der 3 von Ort zu Ort variablen Gröfsen $\mathfrak{B}\, \mathfrak{C}\, \mu$ in ihre einzelnen Bestandteile zu erörtern.

Wenn wir zunächst nach dem Minimum von Beobachtungen fragen, das eben noch ausreicht, alle 9 Koeffizienten durch

Drehen des Schiffes zu ermitteln, so sehen wir, dafs die 4 Gröfsen 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 sowohl durch δ, wie durch das Verhältnis der H sich ergeben, dafs dagegen 𝔄 nur aus den δ, λ nur aus den H gewonnen werden kann. Wir können also sagen: Das Minimum von erforderlichen Beobachtungen verlangt die Kenntnis

1. entweder von 5 δ auf 5 wesentlich verschiedenen Kursen und von 1 Verhältnis der beiden H,
   oder von 5 Verhältnissen der H auf 5 wesentlich verschiedenen Kursen und von 1 δ und
2. von 3 Verhältnissen der Z auf 3 wesentlich verschiedenen Kursen.

Es könnte nach der Formel II scheinen, als ob zur Ableitung der Koeffizienten aus H aufser den H noch die zugehörigen δ wesentlich erforderlich seien, und dafs sich aus II auch 𝔄 ermitteln lasse. Beides trifft insofern nicht zu, als in II die δ nur in Gliedern höherer Ordnung vorkommen. $\cos\delta$ kann nämlich in erster Annäherung $= 1$, $\mathfrak{A} \sin\delta = 0$ und die Funktionen von $2\zeta' + \delta =$ den Funktionen von $2\zeta'$ gesetzt werden. Für den Fall also, wo keine δ vorliegen, können λ 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 aus:

$$\text{II.}\quad \frac{H'}{H} = \lambda \left\{ 1 + \mathfrak{B}\cos\zeta' - \mathfrak{C}\sin\zeta' + \mathfrak{D}\cos 2\zeta' - \mathfrak{E}\sin 2\zeta' \right\}$$

abgeleitet werden. Will man sich mit diesen Näherungswerten nicht begnügen, so ermittele man mit Hilfe der so gewonnenen 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 und des bekannten 𝔄 nach I die erforderlichen δ und leite nunmehr nach der strengen Formel II die richtigeren Werte λ 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 ab. Man kann dieses Verfahren beliebig fortsetzen, es wird sich aber schon beim ersten Mal zeigen, dafs die neu ermittelten λ 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 sich von den alten in der Regel nur um Gröfsen unterscheiden, die von der Ordnung der unvermeidlichen Fehler sind.

Es wäre natürlich unzweckmäfsig, sich auf dieses Mindestmafs von Beobachtungen beschränken zu wollen. Bei der Wichtigkeit der Deviationsbeobachtungen für das Resultat der ganzen Reise ist es erforderlich, an jeder Hauptstation, wenn irgend möglich, die Deviation aller 3 Elemente auf mindestens 8 äquidistanten Kursen zu beobachten. Wir gewinnen damit 𝔅 ℭ 𝔇 𝔈 auf 2 verschiedene, von einander unabhängige Arten. Kann eines der beiden horizontalen Elemente nicht beobachtet werden, ist es erwünscht, dafür das andere auf doppelt so vielen Kursen zu beobachten. Das ratsamste ist es dann, mit Hilfe dieser Beobachtungen die 9 Koeffizienten samt ihren mittleren Fehlern nach den strengen Formeln I—III mittels

der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen. Es ist durchaus nötig, die Genauigkeit der Koeffizienten und damit der Korrektionsformeln zu kennen; ihr Fehler soll natürlich kleiner sein, als der Fehler, welcher den Beobachtungen der 3 Elemente auf See anhaftet.

Nun bleibt noch zu zeigen, in welcher Weise die einzelnen Bestandteile von $\mathfrak{B}\ \mathfrak{C}\ \mu$ ermittelt werden können. Es ist

$$\lambda \mathfrak{B} = c \cdot \operatorname{tg} i + \frac{P}{H}$$

$$\lambda \mathfrak{C} = f \cdot \operatorname{tg} i + \frac{Q}{H}$$

$$\mu = 1 + k + \frac{R}{Z}.$$

Da in jeder dieser Gleichungen noch zwei Unbekannte vorkommen, ist die Kenntnis der $\mathfrak{B}\ \mathfrak{C}\ \mu$ an mindestens zwei Stationen mit möglichst verschiedenen Inklinationen, womöglich von verschiedenen Seiten des Äquators, erforderlich, um jene Unbekannten einzeln zu ermitteln. Besser ist es natürlich, eine ganze Anzahl von verschiedenen Einzelwerten $\mathfrak{B}\ \mathfrak{C}\ \mu$ verwenden zu können und nach der Methode der kleinsten Quadrate die Unbekannten samt ihren mittleren Fehlern zu berechnen.

Wir dürfen nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daſs dabei die stillschweigende Voraussetzung gemacht wird, daſs während der ganzen Fahrt die $c\ P$, $f\ Q$, $k\ R$, jedes für sich, konstant geblieben seien. Das ist nun bei diesen Gröſsen um so bedenklicher, da die Erfahrung zeigt, daſs gerade die vertikal induzierten Eisenmassen einen ziemlich veränderlichen Beitrag von remanentem bezw. permanentem Magnetismus liefern. Es wäre daher sehr erwünscht, auf jeder einzelnen Station den permanenten Magnetismus getrennt von dem vertikal induzierten feststellen zu können. Dies ist auch für die Praxis wichtig, für die Kompensation der Kompasse auf Kriegs- und Handelsschiffen. Wie wir nun durch das Drehen des Schiffes um eine vertikale Achse jene sechs horizontalen Glieder $a\ b\ d\ e\ g\ h$ einzeln erhielten, so können wir zur Kenntnis der einzelnen vertikalen Glieder $c\ f\ k$ durch ein Drehen des Schiffes um eine horizontale Achse gelangen. Wir schlagen daher folgendes Verfahren vor, das eines der einfachsten zu sein scheint:

Man bestimme Deklination und Vertikalintensität auf Kompaſskurs O und W bei einer Krängung des Schiffes von $+\nu^0$ nach Steuerbord und ebenso von $-\nu^0$ nach Backbord. Man erhält so vier verschiedene Werte von δ und von dem

Verhältnis $Z' : Z$, falls die wahre Deklination und Vertikalintensität bekannt sind. Nennen wir

$$\frac{\left(\frac{Z'}{Z}\right)_0 - \left(\frac{Z'}{Z}\right)_W}{2\cos\frac{\delta_0+\delta_W}{2}\cos\frac{\delta_0-\delta_W}{2}} = f(Z) \qquad \operatorname{tg}\frac{\delta_0+\delta_W}{2} = f(\delta),$$

so haben wir natürlich streng zu unterscheiden zwischen $f(Z)_{+\nu}$ $f(\delta)_{+\nu}$, die sich aus der Krängung nach St. B. ergeben, von $f(Z)_{-\nu}$ $f(\delta)_{-\nu}$, den Werten von B. B. Daraus sowie aus den bereits bestimmten Gliedern $a\ d\ e\ g\ h$ ergibt sich

$$\underline{c} = \left(f(\delta)_{+\nu} - f(\delta)_{-\nu}\right)\frac{1+a}{2\sin\nu}$$

$$\underline{f} = \left(f(Z)_{+\nu} + f(Z)_{-\nu}\right)\frac{\operatorname{tg} i}{2\sin^2\nu} + \left(f(\delta)_{+\nu} + f(\delta)_{-\nu}\right)\frac{g\cos\nu}{2\sin^2\nu}$$
$$+ \left(f(\delta)_{+\nu} - f(\delta)_{-\nu}\right)\frac{d}{2\sin\nu} + h\operatorname{ctg}^2\nu$$

$$\underline{k} = \left(f(Z)_{+\nu} - f(Z)_{-\nu}\right)\frac{\operatorname{tg} i}{\sin 2\nu} + \left(f(\delta)_{+\nu} - f(\delta)_{-\nu}\right)\frac{g}{2\sin\nu}$$
$$+ \left(f(\delta)_{+\nu} + f(\delta)_{-\nu}\right)\frac{d}{2\cos\nu} + e.$$

Wir haben die Formeln ganz allgemein ohne alle Vernachlässigung angeschrieben; in praxi werden sie sich durch die Kleinheit einzelner Glieder ganz erheblich vereinfachen. Bei gegebenen $\mathfrak{B}\ \mathfrak{C}\ \mu$ hat man damit natürlich auch die Komponenten $P\,Q\,R$ und damit sämtliche 12 charakteristischen Schiffskonstanten aus den Beobachtungen einer einzigen Station ermittelt.

§ 9. Praxis der Deviationsbeobachtungen.

Bei der Festsetzung der Route einer magnetischen Forschungsreise zur See ist es nötig, die Auswahl der Landstationen mit besonderer Berücksichtigung der Deviationsarbeiten zu treffen. Wir erörtern daher zunächst die erforderliche Anzahl und die erforderlichen Eigenschaften der Deviationsstationen. Hauptstation ersten Ranges ist natürlich der Heimathafen, vor und nach der Reise. Die Stationen dazwischen wähle man so, dafs auf eine Änderung der Inklination von 30—40° womöglich eine neue Station kommt. Besonders erwünscht ist eine solche am Ort der kleinsten und am Ort der gröfsten erreichten Inklination. Im übrigen sind besonders

dann die Deviationsuntersuchungen zu wiederholen, wenn irgendeine Änderung in der Anordnung des Schiffseisens vorgenommen werden mufste. Da von jeder dieser Stationen gefordert wird, dafs sie zu den gestörten Werten D' H' Z' an Bord die wahren Werte D H Z an Land einwandfrei liefert, soll sie an einer magnetisch ungestörten Küste liegen. Zwingen die Umstände dazu, die Deviationsuntersuchungen an einer gestörten Küste, etwa bei einer Insel, vorzunehmen, dann kann nur eine magnetische Vermessung der ganzen Küste als Grundlage dienen. Die Inseln des freien Ozeans sind immer verdächtig; wir geben in § 12 Beispiele von Orten, von denen Störungen bekannt sind. Aber auch auf hoher See ist es dringend erwünscht, wenigstens von Zeit zu Zeit bei günstigen Verhältnissen das Schiff zu drehen und seine Deviation zu untersuchen, falls nicht überhaupt bei den regelmäfsigen Seebeobachtungen das Eliminationsverfahren von § 11 angewandt wird. Mit Hilfe der Werte $\mathfrak{A}$ λ μ, welche den Beobachtungen der einschliefsenden Landstationen zu entnehmen sind, erhalten wir für die maritime Station die wahren Werte der Elemente in der Weise des § 11 und erzielen damit eine Neubestimmung der übrigen sechs Koeffizienten $\mathfrak{B}$ $\mathfrak{C}$ $\mathfrak{D}$ $\mathfrak{E}$ g h auf hoher See. Hat insbesondere ein Schiff lange den gleichen Kurs gesteuert, um von da an einen wesentlich verschiedenen Kurs zu nehmen, so ist es erwünscht, etwas vor und nach dem Knick der Route je eine Deviationsstation einzulegen, um das Schiff auf remanenten und langsam verschwindenden Magnetismus hin zu untersuchen.

Wenden wir uns nun zu den Arbeiten der einzelnen Station, so ist vor allem die grundsätzliche Wichtigkeit hervorzuheben, dafs alle Beobachtungen in ganz genau der gleichen Weise an Land wie an Bord durchgeführt werden; denn da es sich bei allen Deviationsgröfsen nur um Differenzen, bezw. Quotienten der wahren und gestörten Werte handelt, werden alle Unsicherheiten der Instrumentalkonstanten eliminiert, wenn sowohl die wahren als auch die gestörten Werte genau in derselben Weise ermittelt werden. Die Erfahrung weist auf eine Art Zähigkeit der Induktion beim Drehen des Schiffes hin, so dafs ein und dieselbe Beobachtung, die zunächst am Anfang der Deviationsarbeiten angestellt und danach am Schlufs wiederholt wurde, zwei verschiedene Werte ergeben kann, deren Unterschied durch Beobachtungsfehler nicht zu erklären ist. Das beste ist es daher, alle Beobachtungen doppelt anzustellen, das einemal bei dem Kreislauf des Schiffes nach B. B., das anderemal rückwärts bei dem Kreislauf nach St. B. Ist eine doppelte

Durchführung der vollständigen Beobachtungen nicht möglich, so kann man die Beobachtungen zweckmäfsigerweise in zwei Teile zerlegen und auf jedem Kreislauf je einen derselben erledigen. Zum Beispiel kann man bei den Beobachtungen mit L. C. beim Drehen nach B. B. nur mit Kreislage Ost, beim Drehen nach St. B. nur mit Kreislage West beobachten.

Wir besprechen nun die Beobachtungsmethoden im allgemeinen, indem wir bezüglich der Details auf das nächste Kapitel verweisen.

Die Deviation in Deklination erhält man, indem man durch Sonnenpeilungen an Bord die gestörten D' und an Land das wahre D ermittelt, woraus sich $\delta = D' - D$ ergibt. Oder aber kann man bei fehlender Sonne die δ direkt ermitteln durch gegenseitiges Anpeilen eines an Land aufgestellten Kompasses und des Hauptkompasses an Bord; daraus ergibt sich δ = Peilung an Land + 180° — Peilung an Bord. Es ist dann nötig, beide Kompasse an Land zu vergleichen.

Man pflegt das Verhältnis der gestörten H' bezw. Z' zu den wahren H bezw. Z durch die Schwingungsdauer einer horizontalen bezw. vertikalen Nadel zu bestimmen, nämlich als das Verhältnis des Quadrats der Schwingungsdauer an Land zu derjenigen an Bord. Diese Methoden sind sehr ungenau. Die Schwingungsdauer der Nadeln, die mit Reibung und unter den vielen zufälligen Impulsen durch die Schiffsbewegung schwingen, wird zu unsicher, um die verhältnismäfsig kleinen Unterschiede aufzudecken. Sie sind daher höchstens für Mittelwerte wie λ und μ zu verwenden; aber auch dies geht dann nicht an, und die Methoden werden direkt falsch, wenn man Nadeln mit exzentrischem Schwerpunkt verwendet, wie es in der Regel bei der Horizontalnadel der Fall ist. Es hat sich durch Untersuchungen auf dem „Gaufs“ herausgestellt, dafs die Schwingungen der exzentrisch belasteten Horizontalnadel unter dem Einflufs der rollenden Schiffsbewegung durchweg verlangsamt werden. Ja in einem Falle, als die Deviationsuntersuchungen bei stark rollendem Schiff unternommen werden mufsten, zeigten sich deutlich 2 Maxima der Verlangsamung auf den beiden Kursen, bei denen das Schiff quer zur Dünung lag und besonders stark rollte, und 2 Minima auf den beiden Kursen senkrecht dazu. Es überlagerte sich also dem gesuchten, vom Einflufs des Schiffseisens herrührenden Gang der Schwingungsdauer ein zweiter, der in rein mechanischen Gründen seine Ursache hatte.

Statt der Methode der Schwingungen sind Ablenkungsbeobachtungen zu empfehlen, wofür bei dem gegenwärtigen

Stand der instrumentellen Hilfsmittel D. B. für Horizontalintensität, L. C. für Vertikalintensität zu wählen ist. Fehlt D. B. an Bord, so ist aufser der Vertikalintensität noch die Inklination mit L. C. zu beobachten und daraus die Horizontalintensität abzuleiten. Man kann sich auch im Notfalle lediglich auf Totalintensitätsbestimmungen durch Ablenkungen beschränken, da man dabei nicht nur ein relatives Mafs der Totalintensität durch die Ablenkungswinkel, sondern auch ein solches der Inklination durch die Mittellagen der beiderseitigen Ablenkungen erhält und damit alle Daten zur Ableitung der H und Z gewinnt. Fehlt dagegen L. C. an Bord, so ist entsprechend mit D. B. aufser der Horizontalintensität noch die Inklination zu beobachten. Natürlich sind bei allen Ablenkungen auch die Temperaturen zu notieren, und ihre Unterschiede durch Korrektion unschädlich zu machen.

Besonders machen wir darauf aufmerksam, wie vorteilhaft es ist, möglichst empfindliche Methoden bei allen Deviationsuntersuchungen zu verwenden, da es sich ja lediglich um Aufdeckung geringer Differenzen handelt. In der Vergröfserung der Ablenkungswinkel haben wir ein Mittel in der Hand, die Empfindlichkeit der H- und Z-Messungen beliebig zu steigern. Die obere Grenze setzt ganz von selbst die Schwierigkeit des Beobachtens, die bei den labiler werdenden Einstellungen der grofsen Ablenkungswinkel an Bord sich bald bemerkbar macht; aber es sind doch Winkel von mindestens 60^0 zu verwenden. Es ist dringend erwünscht, bei der Ausstattung der beiden Instrumente D. B. und L. C. mit Ablenkungsmagneten hierauf besondere Rücksicht zu nehmen, so dafs man überall auf der geplanten Route derartige empfindliche Ablenkungsmessungen vornehmen kann, die natürlich im allgemeinen nur für Deviationsuntersuchungen zu empfehlen sind.

§ 10. Die Korrektionsformeln der Deviationen.

Bisher war unser Ziel zu zeigen, wie die 12 charakteristischen Konstanten, durch welche der Einflufs des Schiffseisens dargestellt werden kann, auf dem Weg der Beobachtung zu ermitteln sind. Nunmehr nehmen wir an, dies sei geschehen, und unsere weitere Aufgabe besteht darin, die bekannten Konstanten zur Korrektion der regelmäfsigen Beobachtungen auf See zu verwenden. Wir verlangen von den Korrektionsformeln, dafs sie die mechanische Rechenarbeit möglichst zu verringern gestatten. Von diesem Gesichtspunkt aus stellen

wir einmal die Korrektionen für die Winkelgröfsen D' und i' in additiver Form dar, so dafs wir die wahren Werte in der Form $D = D' + \delta$ und $i = i' + \delta i$ erhalten, dagegen die Korrektionen für H' und T' in multiplikativer Form, die sich für die logarithmische Berechnung eignet, so dafs wir die wahren Werte in der Form $H = H' \cdot \frac{H}{H'}$ und $T = T' \cdot \frac{T}{T'}$ erhalten. Aufserdem verlangen wir, dafs alle Korrektionen sich lediglich als Funktionen des Schiffskurses und der bekannten Koeffizienten ergeben. Zu dem Zweck müssen, wenn wir aus den Fundamentalformeln I—III unsere Korrektionsformeln herleiten wollen, auf der linken Seite in I δ statt $\sin \delta$, in II und III die reziproken Werte von den dortigen auftreten; auf den rechten Seiten müssen überall die δ verschwinden und nach I durch die Koeffizienten selbst ersetzt werden. Wir entwickeln daher die Funktionen von δ, sowie die reziproken Werte der Gröfsen II und III nach Potenzen der δ, bezw. der Koeffizienten, die gegenüber 1 kleine Gröfsen sind. Wir geben diese Entwicklung ganz allgemein bis zu den Gliedern zweiter Ordnung, die wir in Form der Restglieder $\mathfrak{R}$ beifügen. So entstehen die 3 fundamentalen Korrektionsformeln:

$$1.\ \delta = \mathfrak{A} + \mathfrak{B} \sin \zeta' + \mathfrak{C} \cos \zeta' + \mathfrak{D} \sin 2\zeta' + \mathfrak{E} \cos 2\zeta' + \mathfrak{R}_\delta$$

$$2.\ \frac{H}{H'} = \frac{1}{\lambda} \left\{1 - \mathfrak{B} \cos \zeta' + \mathfrak{C} \sin \zeta' - \mathfrak{D} \cos 2\zeta' + \mathfrak{E} \sin 2\zeta' \right\} + \mathfrak{R}_H$$

$$3.\ \frac{Z}{Z'} = 2 - \mu - g \operatorname{ctg} i \cos \zeta' + h \operatorname{ctg} i \sin \zeta' + \mathfrak{R}_Z,$$

wo
$$\mathfrak{R}_\delta = \tfrac{1}{2}(\mathfrak{C}\mathfrak{D} - \mathfrak{B}\mathfrak{E}) \cos \zeta' - \tfrac{1}{2}(\mathfrak{B}\mathfrak{D} + \mathfrak{C}\mathfrak{E}) \sin \zeta' + \mathfrak{A}\mathfrak{D} \cos 2\zeta' - \mathfrak{A}\mathfrak{E} \sin 2\zeta'$$
$$+ \tfrac{1}{2}(\mathfrak{C}\mathfrak{D} + \mathfrak{B}\mathfrak{E}) \cos 3\zeta' - \tfrac{1}{2}(\mathfrak{C}\mathfrak{E} - \mathfrak{B}\mathfrak{D}) \sin 3\zeta' + \mathfrak{E}\mathfrak{D} \cos 4\zeta' - \tfrac{1}{2}(\mathfrak{E}^2 - \mathfrak{D}^2) \sin 4\zeta'$$

$$\lambda \cdot \mathfrak{R}_H = -\tfrac{1}{2}\mathfrak{A}^2 + \tfrac{3}{4}(\mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2) + \tfrac{5}{4}(\mathfrak{D}^2 + \mathfrak{E}^2)$$
$$+ 2(\mathfrak{C}\mathfrak{D} - \mathfrak{B}\mathfrak{E}) \sin \zeta' + 2(\mathfrak{B}\mathfrak{D} + \mathfrak{C}\mathfrak{E}) \cos \zeta'$$
$$+ \tfrac{1}{2}(2\mathfrak{A}\mathfrak{D} - \mathfrak{B}\mathfrak{C}) \sin 2\zeta' + \tfrac{1}{4}(4\mathfrak{A}\mathfrak{E} + \mathfrak{B}^2 - \mathfrak{C}^2) \cos 2\zeta'$$
$$+ \tfrac{1}{2}\mathfrak{D}\mathfrak{E} \sin 4\zeta' + \tfrac{1}{4}(\mathfrak{E}^2 - \mathfrak{D}^2) \cos 4\zeta'$$

$$\mathfrak{R}_Z = (\mu - 1)^2 + \tfrac{1}{2}(\mathfrak{B}\mathfrak{g} + \mathfrak{C}\mathfrak{h}) + \tfrac{1}{2}(\mathfrak{g}^2 + \mathfrak{h}^2)$$
$$+ \left\{\mathfrak{A}\mathfrak{g} + \tfrac{1}{2}(\mathfrak{D}\mathfrak{h} - \mathfrak{E}\mathfrak{g}) - 2\mathfrak{h}(\mu - 1)\right\} \sin \zeta' + \left\{\mathfrak{A}\mathfrak{h} + \tfrac{1}{2}(\mathfrak{D}\mathfrak{g} + \mathfrak{E}\mathfrak{h}) + 2\mathfrak{g}(\mu - 1)\right\} \cos \zeta'$$
$$+ \left\{\tfrac{1}{2}(\mathfrak{C}\mathfrak{g} + \mathfrak{B}\mathfrak{h}) - \mathfrak{g}\mathfrak{h}\right\} \sin 2\zeta' + \left\{\tfrac{1}{2}(\mathfrak{C}\mathfrak{h} - \mathfrak{B}\mathfrak{g}) + \tfrac{1}{2}(\mathfrak{g}^2 - \mathfrak{h}^2)\right\} \cos 2\zeta'$$
$$+ \tfrac{1}{2}\left\{\mathfrak{E}\mathfrak{g} + \mathfrak{D}\mathfrak{h}\right\} \sin 3\zeta' + \tfrac{1}{2}\left\{\mathfrak{E}\mathfrak{h} - \mathfrak{D}\mathfrak{g}\right\} \cos 3\zeta',$$

wobei $\mathfrak{g} = g \operatorname{ctg} i \quad \mathfrak{h} = h \operatorname{ctg} i$.

Den Formeln 1 und 2 sind die Korrektionen für D' und H' ohne weiteres zu entnehmen; wir haben nur noch aus 2 und 3 auch die Korrektionen für i' und T' zusammenzustellen: sie ergeben sich in leichter Weise als

$$\delta i = \frac{1}{2} \sin 2i \left(\frac{Z}{Z'} - \frac{H}{H'}\right)$$

$$\frac{T}{T'} = \frac{1}{2}\left(\frac{H}{H'} + \frac{Z}{Z'}\right)\cos(i - i') + \frac{1}{2}\left(\frac{H}{H'} - \frac{Z'}{Z'}\right)\cos(i + i'),$$

oder da man in den Korrektionen ganz unbedenklich i' durch i ersetzen darf,

$$\frac{T}{T'} = \frac{1}{2}\left(\frac{H}{H'} + \frac{Z}{Z'}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{H}{H'} - \frac{Z}{Z'}\right)\cos 2i.$$

Um den Aufwand an Rechenarbeit möglichst zu verringern, führen wir möglichst viele Vernachlässigungen ein und gehen darin so weit, bis der dadurch entstehende Fehler der Korrektion $\leqq$ dem Fehler der Beobachtung ist. Diese Vernachlässigungen können natürlich erst auf Grund der numerischen Werte vorgenommen werden und sind von Fall zu Fall verschieden. Die unmanierlichen Restglieder sind jedoch für alle hier in Betracht kommenden Schiffe in der Regel gänzlich aufser acht zu lassen, und nur in Ausnahmefällen wird es sich bei der probeweisen numerischen Berechnung der Glieder $\mathfrak{R}$ herausstellen, dafs ein oder das andere Glied der obigen Bedingung zufolge in bestimmten Breiten noch in Betracht zu ziehen ist.

Noch deuten wir an, wie das Korrektionsgeschäft in zweckmäfsiger Weise angelegt werden kann. Auch hier ist es ohne Kenntnis der numerischen Werte nur möglich, die allgemeinen Züge zu geben. Wir führen in die Korrektionsformeln 1—3 folgende Gröfsen ein:

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{S} \cos \sigma \qquad \mathfrak{D} = \mathfrak{Q} \cos \varkappa \qquad g = \mathfrak{Z} \cos \omega$$
$$\mathfrak{C} = \mathfrak{S} \sin \sigma \qquad \mathfrak{E} = \mathfrak{Q} \sin \varkappa \qquad h = \mathfrak{Z} \sin \omega.$$

Dann schreiben sich die Korrektionsformeln ohne die $\mathfrak{R}$ in folgender Form:

$$1.' \quad \delta = \mathfrak{A} + \mathfrak{S} \sin(\zeta' + \sigma) + \mathfrak{Q} \sin(2\zeta' + \varkappa)$$

$$2.' \quad \frac{H}{H'} = \frac{1}{\lambda}\left\{1 - \mathfrak{S}\cos(\zeta' + \sigma) - \mathfrak{Q}\cos(2\zeta' + \varkappa)\right\}$$

$$3.' \quad \frac{Z}{Z'} = 2 - \mu - \operatorname{ctg} i \; \mathfrak{Z} \cos(\zeta' + \omega).$$

Die quadrantalen Glieder von 1′ und 2′ können einer einzigen Tabelle entnommen werden, die man ein für allemal, twa nach 2° fortschreitend, anlegt. Analog ist es mit $\mathfrak{Z} \cos(\zeta' + \omega)$. Für $\mathfrak{S}$ σ und μ sind Listen je nach dem besonderen

Verlauf der Reise anzulegen; z. B. kann am zweckmäfsigsten eine Liste sein, die nach 5° in Inklination fortschreitet. So beruht das ganze Korrektionsgeschäft auf 1 Tabelle $\mathfrak{Q}$, 1 Tabelle $\mathfrak{Z}$ und 3 Listen $\mathfrak{S}$ σ und μ; dieselben gestalten sich z. T. noch sehr einfach. Aus den so ermittelten Einzelbeiträgen setzen sich dann die Gesamtkorrektionen nach der einfachen Vorschrift von 1'—3' zusammen.

§ 11. Elimination des Schiffseinflusses.

Das Korrektionsgeschäft, das wir im letzten Paragraphen kennen gelernt haben, ist sehr mühsam und beruht aufserdem auf der mehr oder weniger guten Zuverlässigkeit der Konstanten. Viel besser ist es natürlich und für Forschungsschiffe dringend zu empfehlen, soweit als möglich, Rechenarbeit und Unsicherheiten überhaupt zu vermeiden, indem man den Schiffseinflufs bei jeder einzelnen Hochseebeobachtung möglichst eliminiert. Unsere 3 Grundformeln I—III in § 8 sind nahezu eine Summe von trigonometrischen Funktionen des einfachen und doppelten Kurses. Bekanntlich ist der Mittelwert einer trigonometrischen Funktion genommen über n äquidistante Kurse $= 0$. Das heifst also für unsern Fall: Die Mittelwerte der auf n äquidistanten Kursen beobachteten magnetischen Elemente sind nahezu unabhängig von der semikursalen und quadrantalen Deviation; sie sind unabhängig von den Gliedern 1. Ordnung, wenn die Elemente auf 4 äquidistanten Kursen, unabhängig von den Gliedern 1. und 2. Ordnung, wenn die Elemente auf 8 äquidistanten Kursen beobachtet werden. Höhere Glieder als diejenigen der 2. Ordnung kommen nicht in Betracht, diejenigen 2. Ordnung nur selten.

Bildet man nach Entwicklung der δ die Mittelwerte der Formeln I—III, so ergibt sich

$$\text{Mittelwert I: } M(\delta) = \mathfrak{A}$$

$$\text{Mittelwert II: } M\left(\frac{H'}{H}\right) = \lambda\,(1 - \mathfrak{M}_H)$$

$$\text{Mittelwert III: } M\left(\frac{Z'}{Z}\right) = \mu - \mathfrak{M}_Z,$$

wobei $\mathfrak{M}_H$ und $\mathfrak{M}_Z$ die Koeffizienten 2. Ordnung in folgender Weise enthalten:

$$\mathfrak{M}_H = -\tfrac{1}{2}\,\mathfrak{A}^2 + \tfrac{1}{4}\,(\mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2) + \tfrac{3}{4}\,(\mathfrak{D}^2 + \mathfrak{E}^2)$$
$$\mathfrak{M}_Z = \tfrac{1}{2}\,(\mathfrak{B}\,g + \mathfrak{C}\,h)\ \operatorname{ctg} i.$$

Daraus ergeben sich nun folgende Beziehungen zwischen den wahren Werten und den Mittelwerten der magnetischen Elemente:

$$D = M(D') - \mathfrak{A}$$

$$H = \frac{1}{\lambda} M(H') \left\{ 1 + \mathfrak{M}_H \right\}$$

$$i = M(i') + \tfrac{1}{2} \sin 2i \left\{ \lambda - \mu - (\lambda \mathfrak{M}_H - \mathfrak{M}_Z) \right\}$$

$$T = \frac{1}{\frac{1}{2}(\lambda + \mu)} M(T') \frac{1}{1 + \frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu} \cos 2i - \frac{\lambda \mathfrak{M}_H + \mathfrak{M}_Z}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda \mathfrak{M}_H - \mathfrak{M}_Z}{\lambda + \mu} \cos 2i}.$$

In der Regel sind die $\mathfrak{M} = 0$ zu setzen; wir brauchen also nur $\mathfrak{A}\ \lambda\ \mu$, um aus den Hochseebeobachtungen die wahren Werte abzuleiten. Wollen wir jedoch die Glieder 2. Ordnung berücksichtigen, so genügt eine rohe Kenntnis derselben vollständig. Die Ermittlung von $\mathfrak{A}\ \lambda\ \mu$ und der $\mathfrak{M}$ ergibt sich aus § 8.

§ 12. Gestörte Orte. Numerische Werte von Schiffskonstanten.

Wir fügen eine Liste von Orten bei, von denen magnetische Lokalstörungen berichtet sind. Die Liste ist keineswegs vollständig; sie soll mehr nur als Warnung vor den vulkanischen Inseln und Küsten dienen, oder aber für Schiffe, deren Konstanten genau bekannt sind, als Aufforderung, in der Nähe solcher Orte die wahren Werte auf See zu ermitteln und auf dieser Grundlage eine Untersuchung der gestörten Gebiete aufzubauen. Nach den Angaben von Kapitän Creak von der britischen Admiralität und den Vermessungen des „Gaufs" sind starke Störungen gemeldet von den Salomonsinseln, Neumecklenburg, von der Küste Labradors bei Kap St. Francis, de Los, von der Nordwestküste von Australien bei Cossack, der Sumbavainsel, Java, Madagaskar, Réunion; schwächere Störungen von der Bucht von Odessa, von den Sandwichinseln, Juan Fernandez, von den Bermudainseln, Madeira, Teneriffa, St. Vinzent, Ascension, St. Helena, Tristan da Cunha, von den Crozetinseln und Kerguelen.

Endlich geben wir eine Liste der Konstanten von einigen bekannten Forschungsschiffen. Sämtliche Werte aufser λ sind in Einheiten der dritten Dezimale aufgeführt. P Q R sind im C. G. S.-System angegeben.

	Erebus 1839—42	Challenger 1873—76	Gazelle 1874—76	Gaufs 1901—03
λ	0,991	0,999	0,980	1,003
𝔄	0	+ 2	+ 6	+ 5
𝔇	+ 7	+ 6	+ 11	+ 21
𝔈	kl.	0	— 2	0
g	+ 27	0	+ 13	— 5
h	kl.	0	+ 9	0
c	+ 26	+ 8	+ 21	— 12
f	kl.	0	— 7	+ 1
k	+ 3	— 33	— 21	— 13
P	kl.	+ 13	+ 8	+ 2
Q	kl.	0	— 3	0
R	kl.	— 40	— 2	— 2

kl. bedeutet, dafs die Zahlen von 0 nicht wesentlich verschieden sind.

IV. Kapitel.

Vollständiges System der Arbeiten einer magnetischen Forschungsreise zur See.

Wir haben nunmehr alle instrumentellen und methodischen Grundlagen der magnetischen Beobachtungen zur See kennen gelernt. Gleichsam als Resultat geben wir noch eine systematische Zusammenstellung sämtlicher zu erledigenden Arbeiten, sowohl derjenigen auf See, als auch derjenigen an Land, auf welchen die Seebeobachtungen beruhen.

§ 13. Die Arbeiten der Basisstation und der Landstationen.

Alle Messungen mit den Schiffsinstrumenten sind mit Ausnahme der Inklination bislang noch relative und gründen sich daher auf die Kenntnis gewisser Konstanten, die an Orten, wo die wahren Werte der erdmagnetischen Elemente bekannt sind, bestimmt werden müssen. Wir sehen hier ab von der Aufzählung all der einzelnen Prüfungen, die bei der Abnahme eines Instrumentes vom Mechaniker anzustellen sind und welche die Eisenfreiheit der Gehäuse, die Güte der Achsen und Pinnen, die richtige Justierung der einzelnen Teile usf. betreffen. Jedenfalls denken wir uns alle derartigen Fehler so weit beseitigt, dafs sie nur noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler wirksam sind.

Arbeiten der Basisstation.

Als Basisstation in der Heimat dient ein magnetisches Observatorium ersten Ranges, wo vor und nach der Reise folgende Konstanten zu bestimmen sind:

I. Für Deklination: der Indexfehler Δ des Kompasses. Bei jeder Beobachtung mit dem Schattenstift wird der Fehler, der entsteht, weil der Schattenstift nicht ganz vertikal und nicht ganz zentrisch, der Glasdeckel des Kompasses nicht ganz planparallel ist, gleichzeitig eliminiert durch Wiederholung einer Beobachtung nach Drehung des ganzen Glasdeckels um 180°. Trotzdem kann auch bei richtiger Justierung aller übrigen Teile noch eine Abweichung der wahren von der so beobachteten Deklination übrig bleiben, welche durch die Abweichung der magnetischen Achse der Rose von dem N-S-Strich ihrer Teilung entsteht. Man nennt diesen Winkel den Indexfehler des Kompasses.

II. Inklination. Da die Inklinationsmessung stets vollständig nach der absoluten „Gaußschen" Methode angestellt werden soll, darf bei einem guten Instrument keine Korrektion mehr nötig sein. Die Differenz zwischen dem beobachteten und dem wahren Wert an der Basisstation darf einige Minuten nicht übersteigen. Jede Beobachtung soll mit zwei Inklinationsnadeln angestellt werden. Die Nadeln sind immer in der gleichen Weise umzumagnetisieren und magnetisch gebunden aufzubewahren. Der feinen Achsen wegen ist ein Reservepaar von Inklinationsnadeln sehr erwünscht.

III. Für die Totalintensität mit L. C. ist

1. zu jedem Paar von Intensitätsnadeln eine Konstante,
2. der Temperaturkoeffizient jeder Konstanten

zu bestimmen.

Diese Messung besteht einmal aus Ablenkungen, welche das Verhältnis der Totalintensität zum Moment der ablenkenden Nadel ergeben. Es sei

M_0 das Moment der ablenkenden Nadel bei der Normaltemperatur t_0,
μ deren Temperaturkoeffizient,
e_0 die Entfernung der Zentren der abgelenkten und ablenkenden Nadel bei der Temperatur t_0,
ε der Ausdehnungskoeffizient des Gehäusematerials,
F eine konstante Ablenkungsfunktion, welche von der Verteilung des Magnetismus in beiden Nadeln abhängig ist,

t die bei der Messung beobachtete Temperatur,
φ der beobachtete Ablenkungswinkel.

Zwischen diesen Gröfsen besteht folgende Beziehung:

$$\frac{T}{M_0} = \frac{1}{\sin\varphi} \cdot \frac{1 - \mu(t - t_0)}{F e_0^3 [1 + 3\varepsilon(t - t_0)]}.$$

Dazu kommt die Messung der Inklination der belasteten Nadel, die beim Ablenkungsversuch als Ablenkungsnadel diente. Es sei

G_{45} ihr Gewicht auf 45° Breite,

$G_b = G_{45}(1 - 0.0027 \cos 2b)$ ihr Gewicht in der Breite b,

l_0 der Abstand ihres Schwerpunktes von der Drehachse bei der Temperatur t_0,

λ der Ausdehnungskoeffizient ihres Materials,

i die wahre Inklination, } beide im selben
j die Inklination der belasteten Nadel } Sinn gemessen.

Dann haben wir

$$T M_0 = \frac{\cos j}{\sin(i - j)} \cdot \frac{l_0[1 + \lambda(t - t_0)]}{1 - \mu(t - t_0)} G_{45}(1 - 0.0027 \cos 2b).$$

Die Kombination beider Messungen ergibt, wenn wir noch

$$A_0 = \sqrt{\frac{G_{45} l_0}{F e_0^3}} \text{ und } \tau = \frac{3\varepsilon - \lambda}{2} \text{ setzen,}$$

$$T = A_0 [1 - \tau(t - t_0)] \cdot (1 - 0.0013 \cos 2b) \sqrt{\frac{\cos j}{\sin\varphi \sin(i - j)}}.$$

Am Ort der Basisstation sind T, i, t und b bekannt, φ und j bei verschiedenen Temperaturen zu beobachten und daraus A_0 und τ zu ermitteln. Die ablenkende und abgelenkte Nadel bilden zusammen ein Paar von „Intensitätsnadeln“, die, sich gegenseitig bindend aufzubewahren und vor jeder Änderung ihrer Magnetisierung ängstlich zu schützen sind. Es ist nötig, zwei Paare von Intensitätsnadeln mitzunehmen.

IV. Für die Horizontalintensität mit D. B. ist

1. für jeden Ablenkungsmagneten und jede Entfernung eine Konstante,
2. der Temperaturkoeffizient jedes Magneten zu bestimmen.

Die Messung besteht aus der Lamontschen Ablenkung einer Horizontalnadel. Übernehmen wir sinngemäfs die Bezeichnungen von III. auf diesen Fall und setzen

$$K_0 = \frac{M_0}{e_0^3 F}, \quad \varkappa = \mu + 3\varepsilon,$$

so haben wir $$H = \frac{K_0}{\sin \varphi} [1 - \varkappa (t - t_0)].$$

Am Ort der Basisstation ist H bekannt, φ bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Daraus ergibt sich K_0 und $\varkappa$. Diese Konstanten sind für zwei Ablenkungsmagnete in je drei Entfernungen zu bestimmen. Die Ablenkungsmagnete sind sorgfältig gebunden aufzubewahren und vor jeder Änderung ihres Magnetismus ängstlich zu schützen.

V. Die Schiffskonstanten sind im Heimathafen nach Kapitel III zu ermitteln.

Auf allen Landstationen.

welche die Expedition anläuft, sind folgende Untersuchungen zu wiederholen:

1. Bestimmung der Indexkorrektion des Kompasses,
2. Vergleichung der Inklination,
3. Bestimmung der Konstanten A des L. C., } für die jeweilige
4. Bestimmung der Konstanten K des D. B., } Temperatur,
5. Ermittlung der Schiffskonstanten.

Nur selten können die wahren Werte der magnetischen Elemente, die man allen diesen Bestimmungen zugrunde zu legen hat, einem in der Nähe der Station befindlichen magnetischen Observatorium entnommen werden. Auf alle Fälle aber mufs eine Expedition mit Instrumenten ausgestattet sein, welche jederzeit unabhängig von fremder Hilfe die wahren Werte der erdmagnetischen Elemente zu bestimmen gestatten. Als solche sind zu empfehlen: ein magnetischer Reisetheodolit zur absoluten Messung der Deklination und Horizontalintensität[1]), sowie ein Erdinduktor nach der Wildschen Nullpunktsmethode zur absoluten Messung der Inklination.

§ 14. Die Arbeiten auf See.

Auf See braucht der verantwortliche Beobachter stets die Hilfe eines zweiten Beobachters, der auf ein bestimmtes Zeichen zu jeder Einstellung am Schlingertisch den Stand des in der Nähe stehenden Regelkompasses beobachtet und alle Beobachtungen zu Protokoll nimmt. Dem Urteil des verantwortlichen Beobachters bleibt es überlassen, festzustellen, wie oft die einzelne Einstellung wiederholt werden soll; am mittleren Fehler mag er sich orientieren, wie weit die gewählte Anzahl

[1]) Siehe Seite 451 u. ff. dieses Bandes.

genügt. Um eine gewisse Gleichwertigkeit aller Messungen zu erzielen, empfiehlt es sich, im allgemeinen stets dasselbe Schema zu gebrauchen. Das unten durchgeführte Schema ist ungefähr dasjenige des „Gaufs".

Zu jeder Beobachtung gehören regelmäfsige Angaben, welche die begleitenden Umstände charakterisieren. Vor allem eine Angabe über die Neigung des Schiffes. Man lese hierzu vor oder nach jeder Beobachtung etwa 20 Paare von Umkehrpunkten am Schlingerpendel ab und leite daraus die mittlere Neigung des Schiffes her, die, wenn nötig, nach Kapitel III in den Deviationsformeln zu berücksichtigen ist. Angabe des Datums und der Zeit von Anfang und Ende der Beobachtung, wonach die zugehörige Länge und Breite bestimmt wird, sind natürlich nicht zu vergessen. Endlich sind Bemerkungen über die Bewegung des Schiffes erwünscht, über Segeln, Dampfen, über Seegang, Wetter und was sonst noch für die Beobachtung Bedeutung haben kann.

I. Deklination. Morgens oder abends, womöglich um die Zeit, wenn das Azimut der Sonne sich am wenigsten ändert, messe man die Deklination, indem man den Teilstrich der Kompafsrose, auf welcher der Schatten des Sonnenstiftes einsteht, einige Zeit lang beobachtet, bis man ihn nach Schätzung aus den leisen Schwankungen bis auf 0.1^0 anzugeben vermag; derselbe sei S. Gleichzeitig nehme der zweite Beobachter die Höhe der Sonne oder schreibe man selber den Uhrstand u einer wohlbekannten Uhr an. Dazu lese man den Kurs ζ ab, welchem das Schiff gerade anliegt[1]).

Mittels der Breite b und der Deklination der Sonne d ergibt sich aus der gemessenen Zenitdistanz z das Azimut der Sonne A_z nach der Formel

$$\sin \tfrac{1}{2} A_z = \sqrt{\frac{\sin (s-b) \cos (s-z)}{\cos b \sin z}}, \text{ wo } \sin s = \tfrac{1}{2} (b+d+z).$$

Aus der Uhrzeit u, dem Stand der Uhr Δu bezüglich der mittleren Greenwich-Zeit und der Länge λ, in Zeit angegeben, ergibt sich die wahre Ortszeit $t = u + \Delta u + \lambda +$ Zeitgleichung, und daraus das Azimut der Sonne nach der Formel

$$tg\, A_z = \frac{\sin t}{\sin b \cos t - \cos b\, tg\, d}.$$

Rechnet man A_z von astronomisch Nord über Ost von 0—360^0, desgleichen S von magnetisch Nord über Ost von 0—360^0, so ergibt sich die gesuchte Deklination $D' = A_z - S - 180$. Wir haben also folgendes Schema:

1) Siehe Seite 71 und Seite 88 u. ff. dieses Bandes.

I.				II. Kompaßdeckel um 180° gedreht			
	beobachtet		berechnet		beobachtet		berechnet
S_{11}	z_{11} (u_{11})	ζ_{11}	D'_{11}	S_{12}	z_{12} (u_{12})	ζ_{12}	D'_{12}
S_{21}	z_{21} (u_{21})	ζ'_{21}	D'_{21}	S_{22}	z_{22} (u_{22})	ζ_{22}	D'_{22}
..	...	..	..	..	...	..	..
S_{51}	z_{51} (u_{51})	ζ_{51}	D'_{51}	S_{52}	z_{52} (u_{52})	ζ_{52}	D'_{52}
	Mittel	ζ_1	$D'_1 + f_1$		Mittel	ζ'_2	$D'_2 \pm f_2$

f_1 und f_2 sind die mittleren Fehler von D'_1 und D'_2, die in bekannter Weise je aus den Abweichungen der Einzelwerte vom Mittel abgeleitet werden. Wir haben also beim Kurse $\zeta = \frac{1}{2}(\zeta_1 + \zeta_2)$ die Deklination $D' = \frac{1}{2}(D'_1 + D'_2)$ mit dem mittleren Fehler $F_D = \frac{1}{2}\sqrt{f_1^2 + f_2^2}$ gefunden. Daraus ergibt sich mit der dem Kurse ζ entsprechenden Deviationskorrektion δ und der Indexkorrektion $\varDelta$ die wahre Deklination $= D' + \varDelta + \delta \pm F_D$.

II. Inklination. Die Beobachtung ist stets mit zwei Nadeln je in acht Lagen durchzuführen. Die Nadel wird zuerst mit Bezeichnung oben (Bez. *o*) und vorne (*v*) auf Kreis Ost (*O*) und West (*W*), danach bei Bez. *o* hinten (*h*) auf Kreis *W* und *O* beobachtet. Dann wird sie ummagnetisiert, und sämtliche Beobachtungen werden bei Bezeichnung unten (Bez. *u*) wiederholt.

Häufig mufs das Resultat wegen der Schiffsdrehungen verbessert werden. Der Mann am Ruder hat den Auftrag, den beabsichtigten Kurs ζ_a zu steuern; während der Messung kommen jedoch allerlei Abweichungen vor, so dafs tatsächlich der während der gesamten Messung einer Nadel gesteuerte mittlere Kurs ζ von ζ_a abweichen wird. Nun wird aber diejenige Einstellung a am Horizontalkreis des Inklinatoriums gewählt und während der ganzen Messung beibehalten, welche das Inklinatorium beim Kurse ζ_a in den magnetischen Meridian stellt. a wird sich also von der richtigen Einstellung um ebensoviel unterscheiden wie ζ_a von ζ, um $\alpha = \zeta - \zeta_a$; daraus entspringt eine Korrektion $\varDelta i$ des Resultats, nämlich $\varDelta i = -\frac{1}{4}\alpha^2 \sin 2i$.

Der Zusammenhang zwischen ζ_a und a kann jederzeit durch eine besondere Messung in folgender Weise gefunden werden: Das Inklinatorium wird gedreht, bis die Nadel vertikal steht; während dieser Einstellung b_t am Horizontalkreis liege der Kurs ζ_t an. Laufen die Horizontalkreisteilung und Rosenteilung im entgegengesetzten Sinn, so ist die dem Kurs ζ_a

entsprechende Einstellung, welche das Inklinatorium senkrecht zum magnetischen Meridian stellt: $b_\iota + (\zeta'_a - \zeta'_\iota)$, also die beiden zu ζ_a gehörigen, Kreis O und W entsprechenden $a_\iota = b_\iota + (\zeta'_a - \zeta'_\iota) \pm 90^0$. Diese Messung und Reduktion wird fünfmal je bei Kreis Nord und Kreis Süd angestellt und danach das endgültige, zu ζ_a gehörige a gefunden. Diese Einstellung wird während der ganzen Messung beibehalten. Das Beobachtungsschema ist folgendes:

Bez. *o.*

	v				*h*			
	E		***W***		***W***		***E***	
	ζ'_{11}	i'_{11}	ζ'_{12}	i'_{12}	ζ'_{13}	i'_{13}	ζ'_{14}	i'_{14}
	ζ'_{21}	i'_{21}	ζ'_{22}	i'_{22}	ζ'_{23}	i'_{23}	ζ'_{24}	i'_{24}
	..	..	..	..	..	..	..	..
	ζ'_{61}	i'_{61}	ζ'_{62}	i'_{62}	ζ'_{63}	i'_{63}	ζ'_{64}	i'_{64}
Mittel	ζ'_1	$i'_1 \pm f_1$	ζ'_2	$i'_2 \pm f_2$	ζ'_3	$i'_3 \pm f_3$	ζ'_4	$i'_4 \pm f_4$

Bez. *u.*

	v				*h*			
	E		***W***		***W***		***E***	
	ζ'_{15}	i'_{15}	ζ'_{16}	i'_{16}	ζ'_{17}	i'_{17}	ζ'_{18}	i'_{18}
	ζ'_{25}	i'_{25}	ζ'_{26}	i'_{26}	ζ'_{27}	i'_{27}	ζ'_{28}	i'_{28}
	..	..	..	..	..	..	..	..
	ζ'_{65}	i'_{65}	ζ'_{66}	i'_{66}	ζ'_{67}	i'_{67}	ζ'_{68}	i'_{68}
Mittel	ζ'_5	$i'_5 \pm f_5$	ζ'_6	$i'_6 \pm f_6$	ζ'_7	$i'_7 \pm f_7$	ζ'_8	$i'_8 \pm f_8$

Daraus folgt $i' = \frac{1}{8}(i'_1 + i'_2 + \cdots i'_8)$ als unkorrigiertes Gesamtresultat mit dem mittleren Fehler $F_i = \frac{1}{8}\sqrt{f_1^2 + f_2^2 + \cdots f_8^2}$ bei dem mittleren Kurs $\zeta' = \frac{1}{8}(\zeta'_1 + \zeta'_2 + \cdots \zeta'_8)$. Dasselbe ist

1. wegen der Schiffsdrehungen durch $\Delta i = -\frac{1}{4} a^2 \sin 2i$,
2. wegen des Schiffseisens nach Kap. III durch das dem Kurse ζ' entsprechende δi zu korrigieren,

so daſs wir als wahre Inklination $i = i' + \Delta i + \delta i \pm F_i$ haben.

Beim Passieren des magnetischen Äquators achte man auf eine ganz besonders sorgfältige Bezeichnung des Sinnes der Inklination. Stört etwa der horizontale vordere Träger des Lagers zu sehr durch Verdeckung der Kreisteilung, so beobachte man in vier aufeinander senkrechten Azimuten. i'_1 und i'_2 seien die Mittel von je zwei um 180^0 voneinander

verschiedenen Azimuten, so ergibt sich die gesuchte Inklination i' nach $\operatorname{ctg} i' = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 i'_1 + \operatorname{ctg}^2 i'_2}$.

Wenn nötig, sind i'_1 und i'_2 wegen der Schiffsdrehungen zu korrigieren, indem man sie auf den mittleren während der gesamten Messung gesteuerten Kurs ζ' reduziert, der im allgemeinen von dem mittleren Kurs ζ'_1 während der Messung von i'_1 um $\alpha_1{}^0$ und von dem mittleren Kurs ζ'_2 während der Messung von i'_2 um $\alpha_2{}^0$ abweichen wird. Danach ist

$$i'_1 \text{ durch } \varDelta i_1 = \frac{\alpha_1}{2} \sin 2 i'_1 \operatorname{tg} a_1, \text{ wobei } \cos a_1 = \operatorname{tg} i' / \operatorname{tg} i_1'$$

$$i'_2 \text{ durch } \varDelta i_2 = \frac{\alpha_2}{2} \sin 2 i'_2 \operatorname{tg} a_2, \text{ wobei } \cos a_2 = \operatorname{tg} i' / \operatorname{tg} i_2'$$

zu korrigieren. Vergröfsern die Abweichungen α den Winkel zwischen Meridian und Nadelebene, ist die Korrektion negativ, im andern Falle positiv. Schliefslich ist das Gesamtresultat i' wie oben durch das dem Kurse ζ' entsprechende δi zu korrigieren.

III. Totalintensität. Wie bei der Inklinationsmessung wird das Instrument mittels des Teilstriches a, der dem beabsichtigten Kurse ζ'_a entspricht, in den Meridian gestellt. Dann wird die ablenkende Nadel in ihr Lager immer mit der gleichen Front eingesetzt und mit der Schutzhülle überdeckt. Danach wird die abzulenkende Nadel mit Bez. v eingehängt und bei Kreis O und W je nach rechts (r) und links (l) abgelenkt; ihre einzelnen Einstellungen seien mit ε bezeichnet. Sehr gut ist es, diese Beobachtungen bei Bez. h der abgelenkten Nadel zu wiederholen; natürlich mufs dann auch auf der Basisstation die Konstante A_0 in derselben Weise ermittelt worden sein. Danach wird statt der abgelenkten Nadel die ablenkende, belastete Nadel eingehängt und ihre Inklination mit Bez. v und Bez. h bei Kreis O und W beobachtet. Bei jeder einzelnen Gruppe ist die Temperatur zu notieren. In genau derselben Weise wird darauf ein zweites Paar von Intensitätsnadeln beobachtet.

Auch hierbei kann eine Korrektion wegen der Schiffsdrehungen nötig werden. Weicht der mittlere Kurs ζ'_α während der Ablenkungen und der mittlere Kurs ζ'_β während der Beobachtungen mit der belasteten Nadel von dem beabsichtigten, der Einstellung a entsprechenden Kurs ζ'_a um α bezw. β Grade ab, so wird aus beiden Gründen die Totalintensität zu klein ausfallen; das Endresultat ist daher mit $[1 + \frac{1}{4}(\alpha^2 + \beta^2) \cos^2 i]$ zu multiplizieren. Das Beobachtungsschema ist folgendes:

I. Ablenkungen.

Bez. *v*.

	O						*W*					
	r			*l*			*r*			*l*		
	ζ'_{11}	ε_{11}	t_1	ζ'_{12}	ε_{12}	t_2	ζ'_{13}	ε_{13}	t_3	ζ'_{14}	ε_{14}	t_4
	ζ'_{21}	ε_{21}		ζ'_{22}	ε_{22}		ζ'_{23}	ε_{23}		ζ'_{24}	ε_{24}	
	..	..		..	..		..	..		..		
	ζ'_{61}	ε_{61}		ζ'_{62}	ε_{62}		ζ'_{63}	ε_{63}		ζ'_{64}	ε_{64}	
Mittel	ζ'_1	$\varepsilon_1 \pm f_1$		ζ'_2	$\varepsilon_2 \pm f_2$		ζ'_3	$\varepsilon_3 \pm f_3$		ζ'_4	$\varepsilon_4 \pm f_4$	

Bez. *h*.

	W						*O*					
	r			*l*			*r*			*l*		
	ζ'_{15}	ε_{15}	t_5	ζ'_{16}	ε_{16}	t_6	ζ'_{17}	ε_{17}	t_7	ζ'_{18}	ε_{18}	t_8
	ζ'_{25}	ε_{25}		ζ'_{26}	ε_{26}		ζ'_{27}	ε_{27}		ζ'_{28}	ε_{28}	
	..	..		..	..		..	..		..	..	
	ζ'_{65}	ε_{65}		ζ'_{66}	ε_{66}		ζ'_{67}	ε_{67}		ζ'_{68}	ε_{68}	
Mittel	ζ'_5	$\varepsilon_5 \pm f_5$		ζ'_6	$\varepsilon_6 \pm f_6$		ζ'_7	$\varepsilon_7 \pm f_7$		ζ'_8	$\varepsilon_8 \pm f_8$	

Wir haben hiermit gefunden:
den Ablenkungswinkel $\varphi = \frac{1}{8}(\varepsilon_1 + \varepsilon_3 + \varepsilon_5 + \varepsilon_7 - \varepsilon_2 - \varepsilon_4 - \varepsilon_6 - \varepsilon_8)$
mit dem mittleren Fehler $f_\varphi = \frac{1}{8}\sqrt{f_1^2 + f_2^2 + \cdot\cdot f_8^2}$
bei der Temperatur $t_\varphi = \frac{1}{8}(t_1 + t_2 + \cdot\cdot t_8)$
und dem Kurse $\zeta'_\alpha = \frac{1}{8}(\zeta'_1 + \zeta'_2 + \cdot\cdot \zeta'_8)$
und $\alpha = \zeta'_\alpha - \zeta_\alpha$.

II. Belastete Nadel.

	Bez. *v*.						Bez. *h*.					
	O			*W*			*W*			*O*		
	ζ'_{11}	j'_{11}	t_1	ζ'_{12}	j'_{12}	t_2	ζ'_{13}	j'_{13}	t_3	ζ'_{14}	j'_{14}	t_4
	ζ'_{21}	j'_{21}		ζ'_{22}	j'_{22}		ζ'_{23}	j'_{23}		ζ'_{24}	j'_{24}	
	..	..		..	..		..	..		..	..	
	ζ'_{61}	j'_{61}		ζ'_{62}	j'_{62}		ζ'_{63}	j'_{63}		ζ'_{64}	j'_{64}	
Mittel	ζ'_1	$j'_1 \pm f_1$		ζ'_2	$j'_2 \pm f_2$		ζ'_3	$j'_3 \pm f_3$		ζ'_4	$j'_4 \pm f_4$	

Damit haben wir gefunden:
die Inklination der belasteten Nadel $j' = \frac{1}{4}(j'_1 + j'_2 + j'_3 + j'_4)$
mit dem mittleren Fehler $f_j = \frac{1}{4}\sqrt{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + f_4^2}$
bei der Temperatur $t_\beta = \frac{1}{4}(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$
und dem Kurse $\zeta'_\beta = \frac{1}{4}(\zeta'_1 + \zeta'_2 + \zeta'_3 + \zeta'_4)$
und $\beta = \zeta'_\beta - \zeta_\alpha$.

Aus den so gewonnenen Werten φ und j', sowie der Temperatur $t = \frac{1}{2}(t_\alpha + t_\beta)$ erhalten wir in der Breite b die Totalintensität

$$T' = A_0\left(1 - \tau(t - t_0)\right)\left(1 - 0.0013 \cos 2b\right)\sqrt{\frac{\cos j'}{\sin\varphi \sin(i' - j')}}$$

$$\pm F_T = \frac{T}{2}\sqrt{\frac{\cos^2 i'}{\cos^2 j' \sin^2(i' - j')} f_j^2 + \operatorname{ctg}^2\varphi\, f_\varphi^2}.$$

T' ist noch wegen des Schiffseisens mit dem dem Kurse $\zeta' = \frac{1}{2}(\zeta'_\alpha + \zeta'_\beta)$ entsprechenden Faktor $\frac{T}{T'}$ und wegen der Schiffsdrehungen mit $1 + \Delta T = 1 + \frac{1}{4}(\alpha^2 + \beta^2)\cos^2 i$ zu multiplizieren. Das i' in der Formel T' bedeutet die Inklination an Bord beim Kurse ζ'_β. Da ζ'_α nahe $= \zeta'_\beta$ ist, kann man sich i', falls es nicht besonders beobachtet wird, auch aus dem Ablenkungsversuch ableiten, als $i' = \frac{1}{8}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \ldots \varepsilon_8)$, einen Wert, der eventuell wegen der Exzentrizität des Schwerpunktes der abgelenkten Nadel zu korrigieren ist.

Wir haben demnach

als wahre Totalintensität $T = T'(1 + \Delta T)\frac{T}{T'} \pm F_T$.

IV. Horizontalintensität. Die Horizontalnadel wird der Reihe nach mit zwei Ablenkungsmagneten aus je zwei Entfernungen abgelenkt. Jede einzelne dieser vier Messungen besteht aus vier Gruppen. Die Horizontalnadel wird nämlich auf ihren Nullpunkt eingestellt, während der Reihe nach der Ablenkungsmagnet mit derselben Entfernung eingesetzt wird, nämlich:

1. auf O mit Nordende	O	$v_{\iota 1}$	}	entsprechende Einstellungen der Horizontalnadel.
2. „ W „ „	O	$v_{\iota 2}$		
3. „ W „ „	W	$v_{\iota 3}$		
4. „ O „ „	W	$v_{\iota 4}$		

Die Schiffsdrehungen gehen voll ein. Jede einzelne Einstellung v_ι wird mittels des zugehörigen Kurses ζ_ι auf das Gesamtmittel ζ' sämtlicher zu einer Winkelmessung gehörigen Kurse reduziert, und man erhält

$$\bar{v}_\iota = v_\iota + (\zeta' - \zeta'_\iota),$$

falls die Teilung des Horizontalkreises und der Kompaſsrose im entgegengesetzten Sinne laufen, als diejenigen Einstellungen der Horizontalnadel, die man erhalten hätte, wenn das Schiff während der ganzen Messung den Kurs ζ' gesteuert hätte. v_ι und ζ'_ι sind auf 0.1° zu schätzen. Bei jeder Gruppe ist die Temperatur zu beobachten.

Das Beobachtungsschema ist folgendes:

	beobachtet			reduz.	beobachtet			reduz.	beobachtet			reduz.	beobachtet			reduz.
	v_{11}	ζ'_{11}	t_1	$\bar{v}_{11}$	v_{12}	ζ'_{12}	t_2	$\bar{v}_{12}$	v_{13}	ζ'_{13}	t_3	$\bar{v}_{13}$	v_{14}	ζ'_{14}	t_4	$\bar{v}_{14}$
	v_{21}	ζ'_{21}		$\bar{v}_{21}$	v_{22}	ζ'_{22}		$\bar{v}_{22}$	v_{23}	ζ'_{23}		$\bar{v}_{23}$	v_{24}	ζ'_{24}		$\bar{v}_{24}$
	v_{31}	ζ'_{31}		$\bar{v}_{31}$	v_{32}	ζ'_{32}		$\bar{v}_{32}$	v_{33}	ζ'_{33}		$\bar{v}_{33}$	v_{34}	ζ'_{34}		$\bar{v}_{34}$
	.	.		.	.	.		.	.	.		.	.	.		.
	$v_{10,1}$	$\zeta'_{10,1}$		$v_{10,1}$	$v_{10,2}$	$\zeta'_{10,2}$		$\bar{v}_{10,2}$	$v_{10,3}$	$\zeta'_{10,3}$		$\bar{v}_{10,3}$	$v_{10,4}$	$\zeta'_{10,4}$		$\bar{v}_{10,4}$
Mittel		ζ'_1		$\bar{v}_1 \pm f_1$		ζ'_2		$\bar{v}_2 \pm f_2$		ζ'_3		$\bar{v}_3 \pm f_3$		ζ'_4		$\bar{v}_4 \pm f_4$

Daraus erhalten wir

den Ablenkungswinkel $\varphi = \frac{1}{4} (\bar{v}_1 + \bar{v}_2 - \bar{v}_3 - \bar{v}_4)$

mit dem mittleren Fehler $f_\varphi = \pm \frac{1}{4} \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + f_4^2}$

bei der Temperatur $t = \frac{1}{4} (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$

und dem Kurse $\zeta' = \frac{1}{4} (\zeta'_1 + \zeta'_2 + \zeta'_3 + \zeta'_4)$,

woraus sich

$$H' = \frac{K_0}{\sin\varphi}\big(1 - \varkappa\,(t - t_0)\big) \qquad \pm F_H = H \operatorname{ctg}\varphi \cdot f_\varphi \text{ ergibt.}$$

H' ist noch wegen des Schiffseisens mit dem dem Kurse ζ' entsprechenden Faktor $\frac{H}{H'}$ zu korrigieren. Wir haben demnach

als wahre Horizontalintensität $H = H' \frac{H}{H'} \pm F_H$.

Hiermit haben wir für alle Elemente, die man zu beobachten pflegt, die Schemata aufgestellt und dadurch den gesamten Verlauf nicht nur der Beobachtungen, sondern auch deren Berechnungen in kürzester Form zusammengedrängt.

§ 15. Genauigkeit der Beobachtungen. Ausblick.

Die Genauigkeit der Resultate, welche das wissenschaftliche Endergebnis einer magnetischen Forschungsreise enthalten, ist abhängig:

1. von der Genauigkeit der direkten Beobachtungen zur See,
2. von der Zuverlässigkeit der Konstanten der Instrumente,
3. von der Zuverlässigkeit der Konstanten in den Formeln, welche den Einfluſs des Schiffseisens eliminieren sollen.

Alle Konstanten beruhen auf den Arbeiten der Heimat, bezw. der Landstationen: sie können in der Regel unter günstigen Umständen ermittelt werden. Auf alle Fälle soll die Unsicherheit, welche sie in das Endresultat hineintragen, geringer sein als die Unsicherheit, welche aus der Schwierigkeit der Seebeobachtungen selbst, aus ihrem mittleren Fehler entspringt. Soweit man sich bis jetzt überhaupt mit der Frage

der Genauigkeit der Seebeobachtungen beschäftigt hat, scheinen unter den allergünstigen Umständen folgende Resultate erzielt worden zu sein: Deklination und Inklination konnte bis auf 0.1°, die Intensität bis auf 0.001 ihres Wertes beobachtet werden. Kann man jederzeit das Eliminationsverfahren von § 11 anwenden, so ist Aussicht, diese Genauigkeit allgemeiner innehalten zu können.

Als Norm für die anzustrebende Genauigkeit der Landbeobachtungen wie der Seebeobachtungen gelte das Ziel, die drei Komponenten der erdmagnetischen Kraft nach astronomisch Nord und Ost, sowie vertikal abwärts bis auf 10 γ, d. h. bis auf 0.0001 absolute Einheiten des C. G. S.-Systems zu bestimmen. Aus den Beziehungen zwischen diesen drei Komponenten, die wir mit $X\,Y\,Z$ bezeichnen wollen, mit den üblichen Beobachtungsgröfsen Deklination, Inklination, Horizontal- bezw. Totalintensität, $D\,i\,H$ bezw. T, nämlich:

$$X = H \cos D = T \cos i \cos D$$
$$Y = H \sin D = T \cos i \sin D$$
$$Z = H \operatorname{tg} i \quad = T \sin i,$$

ergibt sich die von Ort zu Ort veränderliche Genauigkeit, mit welcher nach unserer obigen Norm $\Delta X = \Delta Y = \Delta Z = 0.0001$ die einzelnen Elemente zu beobachten sind. Ist diese Norm für die Seebeobachtungen bis jetzt auch nur ein ideales Ziel, so ist doch von dem aufstrebenden Interesse, das sich gegenwärtig dem Erdmagnetismus zur See zuwendet, die Erreichung desselben zu erhoffen.

Das Problem vom Erdmagnetismus zur See im Unterschied von Erdmagnetismus zu Land wird uns wie das grofse Problem von der säkularen Variation einen jener Pfade weisen, auf welchen wir uns dem grofsen Ziele nähern, das Wesen der erdmagnetischen Kraft zu erkennen, sie als eine der Lebensfunktionen des grofsen Organismus unserer Erde zu verstehen. Halten wir uns unter solchen Gedanken vor, dafs wir gewürdigt sind, für die Annalen der Erdgeschichte Urkunden zu schaffen, so wird es eine Freude sein, die mancherlei Mühsale einer magnetischen Forschungsreise zur See auf sich zu nehmen.

Nautische Vermessungen.

Von

P. Hoffmann.

Die Vermessungen, welche in diesem Abschnitt besprochen werden sollen, haben den Zweck, das Material zu beschaffen zur Orientierung auf dem Wasser mit nautischen Hilfsmitteln, d. h. mit Kompafs, Sextant und Tiefenmesser.

Demgemäfs mufs bei Herstellung von Seekarten der Gesichtspunkt gewahrt bleiben, dafs einzutragen vor allem wichtig ist, was dieser Orientierung dient: nämlich 1. leicht erkennbar in ihrer relativen Lage zueinander genau fixierte Landobjekte und 2. Meerestiefen.

Für Vermessungen in heimischen Gewässern liefern die vorhandenen trigonometrischen Landesaufnahmen die erste Grundlage. Die Darstellung des Meeresgrundes durch Tiefenangaben und die Hervorhebung der vom Wasser aus sichtbaren Objekte ist dann die wesentliche Aufgabe. Für nautische Vermessungen auf Reisen mufs ein trigonometrisches Netz in der Regel erst selbstständig beschafft werden. Dann ist die Aufgabe:

1. Die relative Lage einer gröfseren Zahl von Fixpunkten auf dem Lande durch ein Netz von Dreiecken festzulegen. (Triangulation.)

2. Dieses Netz seiner Lage nach zur Nord-Südlinie zu orientieren. (Azimutbestimmung.)

3. Die horizontalen Entfernungen der Punkte untereinander zu bestimmen. (Basismessung.)

Unzertrennlich von jeder nautischen Vermessung ist sodann die astronomische Ortsbestimmung eines oder mehrerer Punkte und die Anstellung magnetischer Beobachtungen.

Von der Darstellung des Landes auf einer Seekarte wird nur verlangt, dafs sie alles das wiedergibt, was man vom

Wasser aus sehen kann. Dies ist das begrenzte Ziel, das sich in bezug auf die Topographie die nautische Vermessungsarbeit steckt. Was darüber hinausgeht, ist für sie Vergeudung von Zeit und Arbeitskräften. Der in Aussicht zu nehmende Mafsstab der Karte ist also von wesentlichem Einflufs auf die ersten Dispositionen. Die Wahl desselben ist abhängig von praktischen Erwägungen und folgt dem Gebräuchlichen und erfahrungsmäfsig Festgestellten. Hierbei, wie überhaupt bei der Vermessungsarbeit, geben bereits vorhandene Karten ähnlicher Gebiete den besten Anhalt.

In einer Seekarte ist die relative Lage der einzelnen Punkte und die Orientierung aller Richtungen in bezug auf die Nord-Südlinie wichtiger als die Genauigkeit der absoluten Entfernungen. In gewissen Grenzen ist daher eine einfachere Methode der Basisbestimmung zulässig, welche bei andern Vermessungen besonders grofsen Zeitaufwand erfordert. Abgesehen davon, dafs die Weg- und Abstandsbestimmung vom Schiff aus nur geringer Genauigkeit fähig ist, kommt hier namentlich in Betracht, dafs Küstenvermessungen, wenn sie gröfsere Ausdehnung annehmen, sich doch stets astronomischen Ortsbestimmungen anfügen müssen.

Diese Erwägungen müssen mafsgebend sein für die Auswahl einer nautischen Instrumenten-Ausrüstung. Man darf nicht von der Meinung ausgehen, dafs die an Bord eines Schiffes vorhandenen Reflexionsinstrumente für gröbere Messungen gebraucht werden und darüber hinaus für Vermessungszwecke nur feinere und komplizierte Instrumente beizugeben sind. Gerade für einfache und schnell durchzuführende Arbeiten ist es wesentlich, weniger feine Instrumente, aber solche mit fester Aufstellung zum Gebrauch am Lande zu haben. Ein kleiner Theodolit ohne Höhenkreis, welcher Ablesungen auf volle, höchstens halbe Minuten gestattet, ist das nützlichste Instrument für nautische Vermessungen und sollte stets in mehreren Exemplaren vorhanden sein. Erst daneben wird ein gröfserer Theodolit für weitere Entfernungen willkommen sein. Selbstverständlich kann nur gröfste Sorgfalt bei der Triangulation eine korrekte Vermessungsarbeit verbürgen. Für weniger geübte Beobachter liegt aber gerade die Versuchung nahe, von der Feinheit des Instrumentes die gröfsere Genauigkeit zu erwarten, während umgekehrt ein anscheinend wenig leistungsfähiges Instrument zu gröfserer Sorgfalt anspornt. Bei der Ausrüstung für eine Landreise ist man oft genötigt, kompendiöse, vielseitig verwendbare Instrumente zu bevorzugen. Für nautische Zwecke liegt hierzu kein Grund

vor. Instrumente, welche vielen Zwecken zugleich dienen sollen, sind stets mit Mifstrauen aufzunehmen. Sie bedingen fast ausnahmslos eine um so gröfsere Übung des Beobachters und Sorgfalt bei der Behandlung.

Bei dem unmittelbar praktischen Zweck, welchem nautische Vermessungen dienen, ist es erwünscht, die Resultate der Arbeit Schritt auf Schritt in einer Form vor Augen zu haben, welche ein Urteil gestattet in bezug auf das praktisch Brauchbare des Gewonnenen. Deshalb sollte eine gute Ausrüstung an Zeichnen-Instrumenten und -Materialien in den Stand setzen, die Vermessung sogleich korrekt zu Papier zu bringen. Alles, was man auf graphischem Wege genau erlangen kann, sollte nicht der Rechnung zugeschoben werden, wo die Vermessung nur die Herstellung einer Karte nach begrenztem Mafsstab zum Zweck hat. Das graphische Verfahren belehrt fortlaufend darüber, ob bei den Messungen im Felde zweckmäfsig verfahren ist. Der Beobachter ist vorsichtiger in der Wahl seiner Bestimmungsstücke, wenn er für graphische Konstruktion, als wenn er für eine Berechnung arbeitet.

Aus diesen allgemeinen Betrachtungen ergibt sich, dafs eine nautische Vermessung — ganz abgesehen von den rein seemännischen Anforderungen, welche bei den Arbeiten in Booten und vom Schiff aus in den Vordergrund treten — sich in wesentlichen Punkten von andern Vermessungsarbeiten unterscheidet. Der Wert der Arbeit wird hier nach dem bemessen, was sie unmittelbar praktisch Verwendbares liefert. Jahreszeit und Witterung mufs häufig aufs äufserste ausgenutzt werden, daher Zeitersparnis überall in den Vordergrund tritt. Anderseits sind Irrtümer mehr als anderswo verhängnisvoll, was überhaupt geliefert wird, soll auch durchaus vertrauenswert sein. Erfahrung und Geschicklichkeit leisten daher hier alles, und kein Buch wird denjenigen befriedigen, welcher sich gedruckten Rat sucht, um hiernach eine Vermessung ins Werk zu setzen. Wir wollen nichtsdestoweniger versuchen, uns im folgenden in die Stelle eines solchen hineinzudenken.

1. Wahl und Markierung der Fixpunkte.

Zunächst mufs man sich darüber schlüssig machen, welches Gebiet vermessen werden soll. Wenn eine Abgrenzung von vornherein nicht angängig ist, so wird doch feststehen, ob sich die Vermessung auf den Hafen oder Ankerplatz beschränken oder ob sie weiter ausgedehnt werden soll. Ist

letzteres der Fall, so müssen von vornherein weit auseinander liegende Stationen ausgewählt werden. Man arbeitet immer sicherer und einfacher, wenn man von grofsen Dreiecken auf kleine zurückgeht, als umgekehrt. Man weifs, dafs gleichseitige Dreiecke die besten sind, man will ferner eine Basis messen, beides drängt auf kleine Abstände hin. Bei den ersten Dispositionen kann man aber die Wahl einer Basis zunächst auf sich beruhen lassen und richtet sein Augenmerk darauf, gut sichtbar weit voneinander befindliche Stationen durch wenige grofse Dreiecke ohne zu spitze Winkel zu verbinden. Wem eigene Erfahrung nicht zu Gebote steht, der vermeide Winkel unter 25° und ziehe es vor, sogar unzugängliche Punkte einzuschalten, welche nicht als Beobachtungsstationen verwendet werden können. Um sich nicht zu täuschen, besucht man die zu wählenden Beobachtungsstationen selbst und bezeichnet sie so deutlich als möglich. Rekognoszierung und Markierung der Stationen ist also die erste Arbeit, welche, wenn möglich, allen Messungen vorangeht. Azimut- und Entfernungsbestimmungen können auf der Rekognoszierungsfahrt in vorläufiger Weise angestellt werden.

Bei der Wahl der Stationen sowohl, als bei der Aufstellung der Zeichen ist besonders zu berücksichtigen, dafs die Theodolitaufstellung zentrisch erfolgen soll. Die Station mufs also zugänglich sein und die Markierung entweder leicht zu entfernen oder für den Theodoliten nicht hinderlich sein. Eine exzentrische Winkelmessung läfst sich zwar durch Rechnung auf das Zentrum reduzieren, wird auch immer noch oft genug für einzelne Objekte notwendig werden; aber jede Korrektion durch Rechnung ist ein Übel und mufs so viel wie möglich vermieden werden. Steine mit Kalk überschüttet sind ein beliebtes Stationsmark, bei diesen kann man die Beobachtungsstation über demselben etablieren. Demnächst sind dreibeinige Zeichen (Baken) aus Stangen mit Flagge darüber bequem, schliefslich Signalstangen, die nötigenfalls entfernt und wieder auf dieselbe Stelle aufgepflanzt werden können. Immer aber mufs man diese Signalzeichen so grofs und deutlich sichtbar als möglich machen, da leicht erkennbare Hauptstationen den weiteren Fortgang der Arbeit ungemein erleichtern. Die Farben weifs und rot sind am besten sichtbar, daher Kalk und rotes Flaggentuch die ausgiebigste Verwendung finden.

Neben der Auswahl und Bezeichnung der Hauptstationen, welche als Dreieckpunkte unterschieden werden mögen, geht die Markierung von Nebenstationen zum Zweck der Detailaufnahme gleich nebenher. Dieselbe kann von andern Be-

obachtern auf Grund ihnen mitgegebener Anweisungen erfolgen. Nebenstationen haben auf die Fortführung der Vermessung keinen Einflufs. Die Sorgfalt in ihrer Wahl in bezug auf andre Stationen und die Bedingung der Zugänglichkeit fällt zum Teil fort. Man hat es daher mit ihrer Bezeichnung leichter. Wo eine Änderung später nötig wird, ist sie leicht vorzunehmen. Wünschenswert ist jedoch, dafs die meisten Punkte so bald ausgewählt werden, dafs sie bei den Winkelmessungen der Hauptstationen, welche nun vorgenommen werden sollen, mit einvisiert werden können.

2. Triangulation.

Nachdem so das zunächst in Aussicht genommene Vermessungsgebiet rekognosziert und ein System von Signalzeichen hergestellt ist, beginnt die Triangulation. Wünschenswert ist, dafs auf allen Hauptstationen Theodolitaufstellungen erfolgen. Nach Mafsgabe der zur Verfügung stehenden Instrumente werden mehrere Beobachter entsendet. Jeder erhält eine Anweisung, welche Stationen er besuchen, wie er die Messungen anstellen soll. Letzteres richtet sich nach dem ihm mitzugebenden Instrument. Für Theodolitenbeobachtung ist das mindeste, was für die Hauptstationen verlangt werden mufs: Messung vorwärts und rückwärts, dazwischen Durchschlagen des Fernrohres. Bei grofsen Dreiecken und wenn gröfsere Instrumente zur Verfügung stehen, wird öfter Wiederholung — Repetition mit verstelltem Limbus — vorgeschrieben. Abgesehen von den auf die Instrumentenbehandlung Bezug habenden Einzelheiten wird bei der Winkelmessung zweckmäfsig folgendes beobachtet:

1. Unter den anzuvisierenden Punkten wird ein besonders wichtiger und scharf markierter zum Ausgangspunkt der Messung gewählt. Die Einstellung desselben bildet den Anfang und das Ende jeder Rundmessung. Es ist dabei zweckmäfsig, wenn dieselbe nahe bei Null liegt, soweit man bei der Aufstellung des kleinen Theodoliten dies berücksichtigen kann.

2. Die Hauptpunkte werden gesondert in einer Rundmessung vereinigt. Erst nachdem für dieselben die im voraus bestimmte Anzahl von Einstellungen am Instrument ausgeführt sind, beginnt man mit Einstellung der nicht zum Dreiecksnetz gehörenden Objekte.

3. Es ist ratsam, eine Skizze anzufertigen von der relativen Lage aller anvisierten Objekte, wie dieselbe vom

Beobachtungsort erscheinen. In diese Skizze sind alle bemerkenswerten Wahrnehmungen — z. B. zwei Objekte in Deckung, ein Objekt nahe verschwindend oder nicht sichtbar, Verlauf von Küsten oder Flufsmündungen u. dergl. — einzuschreiben.

4. Instrumentenaufstellung und Zielpunkte sind zentrisch, d. h. genau mit den Dreieckspunkten übereinstimmend, zu wählen, damit sofortige Eintragung der Winkel ohne Berechnung stattfinden kann. Je ausschliefslicher ein rein graphisches Verfahren durchgeführt werden kann, je besser. Dies gilt besonders für ungeübte Beobachter.

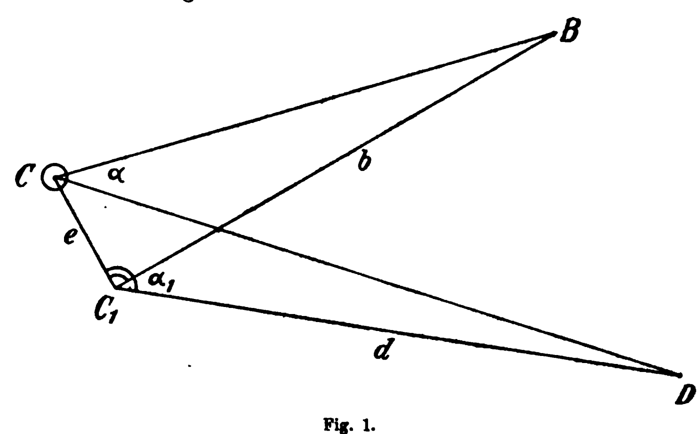


Fig. 1.

Exzentrische Aufstellung.

Ist eine zentrische Aufstellung in C nicht möglich, mufs man daher in C_1 beobachten und den beobachteten Winkel α_1 in den für C gültigen α umrechnen, so gilt folgende allgemein gültige Relation

$$\alpha = \alpha_1 - \frac{e\varrho}{b} \sin CC_1B + \frac{e\varrho}{d} \sin CC_1D$$

(die in C_1 gemessenen Winkel von der Richtung C_1C aus immer von links nach rechts 0—360° gezählt). Die Entfernung zwischen C und C_1 gleich e mufs genau bekannt sein. Die Entfernungen der Zielpunkte (hier b für den Zielpunkt B und α für den Zielpunkt D) müssen annähernd bestimmt (aus einer Skizze abgegriffen) werden. Die beiden Korrektionen verstehen sich in Sekunden, wenn $\varrho = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi}$ oder in Minuten, wenn $\varrho = \frac{180 \cdot 60}{\pi}$[1] ($e$ im Verhältnis zu den Entfernungen der Zielpunkte immer sehr klein angenommen).

[1]) log. $\varrho'' = 5.314425$; log. $\varrho' = 3.536274$.

5. Die Aufzeichnung der Winkelbeobachtungen, ebenso wie ihre Reduktion und Zusammenstellung auf jeder Station, sollte auch unter den einfachsten Verhältnissen nach einem vorher entworfenen Schema stattfinden.

3. Azimutbestimmung.

Während die Triangulation ihren Fortgang nimmt, ist es an der Zeit, die weiteren Beobachtungen zu bedenken, welche für Niederlegung des Netzwerkes auf dem Papier noch erforderlich sind: die Azimut- und die Basisbestimmung.

Eine Hauptstation des Dreiecknetzes ist als Observationspunkt ausgewählt worden. Derselbe mufs bequem gelegen sein und vor allem möglichst viele andere Dreieckpunkte anzuvisieren gestatten. Hier wird durch astronomische Beobachtungen Breite, Länge und Azimut bestimmt. Für den Fortgang unserer Arbeit ist die Azimutbestimmung zunächst von Interesse.

Die bequemste, wenn auch nicht häufig ausführbare Azimutbestimmung besteht darin, dafs man den Theodolit vormittags auf die Sonne einstellt, wenn die Höhe derselben sich noch stark ändert, den Horizontalkreis abliest und nachmittags dieselbe Sonnenhöhe abwartet, um dann wieder die zugehörige Horizontalablesung zu machen. Das Mittel aus diesen beiden ist die Einstellung des Meridians am Theodoliten, wenn man die Deklinationsänderung der Sonne vernachlässigen kann.

Die Deklinationsänderung der Sonne wird in folgender Weise berücksichtigt: Bezeichnet d die Deklinationsänderung in der Zwischenzeit t, so ist die Korrektion der Azimutdifferenz beider Beobachtungen: korr. $= d \operatorname{cosec} \frac{1}{2} t \sec \varphi$. Diese Korrektion wird zur zweiten (Nachmittags-) Azimutablesung hinzugefügt, wenn die Sonne sich vom zugewandten Pole entfernt, und abgezogen, wenn sie sich ihm nähert.

Man kann ferner durch Rechnung das Azimut eines Zielpunktes finden, indem man nach den in der Nautik üblichen Methoden aus einer mit dem Theodoliten beobachteten Sonnenhöhe das Azimut der Sonne berechnet, welches der zugehörigen Horizontalablesung entspricht. Wenn der Theodolit keinen Höhenkreis hat, so läfst sich mit Hilfe eines Chronometers auch noch das Sonnenazimut aus der Zeit berechnen. (Wenn kein Sonnenglas am Theodoliten vorhanden ist, so läfst sich das Sonnenbild mit dem Fadenkreuz auf einem weifsen Papier hinter dem Okular auffangen.) Vorzuziehen

ist aber die Ableitung aus einer Höhenbeobachtung. Im letzteren Falle sollte man daher eine Sonnenhöhe mit dem Sextanten nehmen und sich von der Zeit unabhängig machen.

Mit ausschliefslicher Anwendung von Reflexionsinstrumenten mifst man die Distanz (d) zwischen der Sonne und dem terrestrischen Zielpunkte, ferner die gleichzeitige Sonnenhöhe (H) und die Höhe des Zielpunktes (h). Ist letztere sehr gering, so hat man den Azimutalunterschied (a) zwischen Sonne und Zielpunkt als Katheten eines rechtwinkligen sphärischen Dreiecks:

$$\cos a = \frac{\cos d}{\cos H}.$$

Ist h in Betracht zu ziehen, der Zielpunkt z. B. eine Bergspitze, so findet man a aus der Formel:

$$\sin \tfrac{1}{2} a = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(d + H - h) \sin \frac{1}{2}(d - H + h)}{\cos h \cos H}}$$

das absolute Sonnenazimut berechnet man daneben aus H und der Breite.

Azimutbeobachtungen kommen im Laufe der Vermessungsarbeit häufig vor und sind schätzbare Beobachtungen sowohl zur Kontrolle der regelmäfsigen Triangulation, als auch namentlich in den Fällen, wo die trigonometrischen Messungen auf Schwierigkeiten stofsen und einer Ergänzung bedürfen.

Entfernte scharf markierte Bergspitzen, selbst solche, welche ganz aufserhalb des Vermessungsgebiets liegen, aber von demselben aus durch Winkelmessung ihrer Lage nach bestimmt worden sind, geben häufig nützliche Richtungslinien durch Azimutbeobachtungen, namentlich bei den späteren Arbeiten zur See, Lotungen und Positionsbestimmungen von Untiefen etc. Bei der Verwendung solcher Richtungsbeobachtungen mufs man aber berücksichtigen, dafs die Meridiane des Zielpunktes und des Beobachtungspunktes nicht miteinander parallel laufen, also das Azimut der Richtungslinie nicht in beiden Punkten dieselbe ist. Diese Konvergenz der Meridiane und die Art ihrer Berücksichtigung wird weiter unten besprochen werden, wo es sich um die Eintragung der Messungen in eine Karte handelt.

4. Basismessung.

Das Dreiecknetz durch Azimutbestimmungen orientiert kann nun mit einem supponierten Mafsstab auf dem Papier konstruiert werden. Inzwischen aber wird man sich darüber

schlüssig gemacht haben, auf welche Weise man die Länge einer der Dreieckseiten endgültig zu bestimmen gedenkt. Die direkte Messung einer langen Dreieckseite wird selten möglich und ist zeitraubend und schwierig. Das rationellste Verfahren besteht darin, dafs man in der Nähe des Observationspunktes, welcher gleich mit Rücksicht darauf ausgewählt werden sollte, ein passendes Terrain aussucht und herrichtet, um dort eine gerade Linie von etwa 500 m Länge sorgfältig abzumessen. Diese eigentliche Basis wird dann durch eine besondere kleine sehr sorgfältige Triangulation mit der nächsten grofsen Dreiecksseite in Verbindung gebracht. Diese kleine Triangulation wird durchweg berechnet und die daraus gewonnene Länge der grofsen Dreiecksseite dient als Basis der Vermessung.

Um eine gerade Linie abzustecken, richtet man mit Hilfe des Theodoliten eine Anzahl vertikal in den Boden gesteckter Markierstäbe aus. Längs dieser Linie wird eine Leine straff gespannt und an derselben entlang mit 5 m langen Holzlatten oder mit einem Stahlmefsband oder mit einer Mefskette die Länge der Basis abgemessen.

Man versuche nicht etwa eine 500 m lang abgemarkte straff gespannte Lotleine direkt als Basislänge anzunehmen. Mefslatten haben den Vorzug, dafs das Terrain bei denselben weniger eben sein kann. Die Latte wird dann bei geneigtem Boden mit der Hand horizontal gehalten und mit einem Lot abgesenkelt. Man benutzt zwei verschieden gezeichnete Latten, die eine für die gerade, die andere für die ungerade Zahl, damit Fehler beim Zählen nicht vorkommen können. Sehr viel schneller auf ebenem Boden ist das Messen mit einem Stahlbande. Dasselbe wird an der Leine entlang straff gespannt, das Ende von 20 m durch eine in die Erde gesteckte Stahlpinne bezeichnet, dann von dieser die nächsten 20 m ebenso gemessen und so fort. Die Messung mufs wiederholt werden und wenn sich dabei Differenzen finden, mindestens ein zweites Mal.

Sehr häufig werden die örtlichen Verhältnisse dem Abmessen einer Basis selbst in der dargestellten abgekürzten Weise ungünstig sein. 500 m ebenes Terrain in günstiger Lage zu den Dreiecken der Vermessung ist nicht immer leicht aufzufinden oder erfordert zur Gangbarmachung viel Zeit und Arbeitskräfte. Auch die Messung selbst mit ihren Wiederholungen ist zeitraubend und nur dann von Wert, wenn man sehr grofse Sorgfalt darauf verwenden kann.

Aus diesen Gründen greift man oft zu andern Methoden

einer Basisbestimmung, welche nur die Aufstellung von Beobachtern an den beiden Enden der Basis verlangen. Es sind dies 1. Messung kleiner Winkel, 2. Messung durch den Schall. Die erste Klasse umfaſst sehr viele Methoden, die, zum Teil mit Hilfe besonderer Instrumente, alle darauf ausgehen, einen sehr kleinen Winkel in Verbindung mit einer sehr kleinen gegenüberstehenden Kathete zur Berechnung der anliegenden langen Kathete zu benutzen.

Im allgemeinen eignen sich solche Distanzmesser mit Distanzlatten von 2,5—5 m Länge zur Abmessung kleiner Entfernungen sehr gut und können ausgedehnte Anwendung finden bei Feststellung der Küstenumrisse, wo eine fortlaufende Kette kleiner Polygonseiten gemessen wird. Für Erlangung einer Basis, welche mit gröſseren Dreieckseiten verbunden werden soll, ist zu raten, nicht kleinere Winkel als 1^0 und nicht kleinere gegenüberliegende Katheten als 10 m anzuwenden. Bei 500 m Distanz würde für 10 m der Winkel zwischen $1^0\ 8'$ und $1^0\ 9'$ liegen, und $10''$ Winkelfehler würden 1 m Distanzfehler ergeben. Einen Vertikalmaſsstab von zirka 10 m wird man oft finden an einem Flaggenmast oder an einem Baum. Die genaue Messung desselben kann direkt geschehen, indem man etwa einen Block mit Flaggenleine oben anbringt und ein mit einem Lot unten beschwertes Meſsband an demselben aufhiſst. Oben unter dem Block und unten über dem Erdboden, ungefähr in Augenhöhe des Beobachters, müssen dann deutlich sichtbare Horizontallatten angebracht sein, deren Abstand voneinander man mit dem Winkelinstrument miſst. In jedem einzelnen Falle wird sich die passendste Einrichtung von selbst ergeben. Sehr häufig wird man aber keine bessere Methode zur Verfügung haben, als die Messung der Masthöhe. Wenn das Schiff vor kurzer Kette liegt und der Vortop anvisiert wird, wenn ferner der Top durch einen schwarzen oder roten Ball deutlich kenntlich gemacht ist und die vertikale Entfernung der Oberkante desselben von einer scharfen Linie an der Reeling genau abgemessen ist, so kann man recht gute Resultate erhalten. Es empfiehlt sich aber, die Basis gleich auf das Land zu übertragen, indem man von zwei Landpunkten, welche gegenseitig sichtbar sind, die Masthöhen miſst, gleichzeitig mit dem Horizontalwinkel zwischen Mast und zweitem Landpunkt. Aus beiden Messungen erhält man die Basis an Land und ist dann unabhängig von dem Ankerplatz des Schiffes. Zu bedenken ist jedoch, daſs die Messung der Masthöhe stets etwas unsicher bleibt und daſs vorausgesetzt wird, daſs das Schiff ganz gerade

liegt. Die beiden Beobachtungsstationen am Lande müssen ungefähr mit ihrer Augeshöhe in Höhe der Schiffsreeling liegen.

Alle diese Messungen eines kleinen Winkels lassen sich mit dem Sextanten ausführen, und zwar in derselben Weise wie man bei der Indexbestimmung mit Hilfe des Sonnenbildes verfährt: zu beiden Seiten des Nullpunktes der Teilung. Da kleine Winkel durch geringe Fehler in der Parallelstellung der Sextantenspiegel stark beeinflufst werden, so sind Winkel unter 1° zu vermeiden und, wenn möglich, zwei Sextanten zur gegenseitigen Kontrolle zu benutzen.

Entfernungsbestimmung durch den Schall ist nur für gröfsere Entfernungen anwendbar. Man wird also damit mindestens eine der grofsen Dreieckseiten direkt messen. Man nimmt 3000 m als geringste zu messende Distanz für diese Methode an, welche Distanz der Schall in ungefähr neun Sekunden durchläuft. Die Geschwindigkeit v in der Sekunde berechnet sich aus

$$v = 341{,}3 \text{ m} + 0{,}606\ (t^0 - 15^0),$$

worin t die Temperatur in Celsiusgraden.

Hieraus ergibt sich sogleich, wie grofsen Einflufs ein geringer Fehler in der Zeitmessung hat. Die Methode ist am bequemsten dann anzuwenden, wenn zwei Geschütze in Entfernung von mehreren Seemeilen deutlich voneinander sichtbar aufgestellt sind und man die Entfernungsbestimmung beliebig oft wiederholen kann. Gut zu messen würde also eine Basis auf dem Wasser sein, wenn die Ankerplätze zweier Schiffe die Endpunkte bilden sollen.

Bei der Zeitmessung bedient man sich am besten eines sogen. Terzienzählers, dessen Werk durch einen Fingerdruck in Gang gesetzt und angehalten wird. Das Zifferblatt der Zeiger ist in der Regel in $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{100}$ Sekunden eingeteilt. Für den in astronomischen Beobachtungen Geübten ist die Zählung nach dem halben Sekundenschlag eines Chronometers und Schätzung der Zehntelsekunden dazwischen nicht schwierig. Für Vermessungszwecke, bei welchen Distanzmessungen mit Hilfe des Schalls oft in Frage kommen können, sollte ein Terzienzähler einen Teil der vorzusehenden Ausrüstung ausmachen.

Es würde nun noch die Bestimmung einer Basis durch astronomische Beobachtungen zu besprechen sein. Es sollen hier nur die Formeln gegeben werden, welche dazu dienen können, aus der geographischen Länge und Breite zweier Stationen ihre Entfernung in Metern und das Azimut dieser

Verbindungslinie zu berechnen. Man hält für die kleinste so zu berechnende Basis eine Länge von 15 Seemeilen für notwendig.

Bezeichnet man mit φ und $\varphi_{,}$ die Breiten, mit α und $\alpha_{,}$ die Azimute der Punkte A und B, deren Entfernung a voneinander man errechnen will, λ den Längenunterschied, so erhält man

$$tg\,\frac{\alpha+\alpha_{,}}{2} = \lambda\,\frac{\cos\frac{1}{2}(\varphi+\varphi_{,})}{\varphi-\varphi_{,}}$$

$$a'' = (\varphi-\varphi_{,})\sec\frac{\alpha+\alpha_{,}}{2}\;[(\varphi-\varphi_{,}) \text{ und } \lambda \text{ in Bogensekunden}]$$

$$a \text{ in Metern} = a''\,N\sin 1'',$$

worin N der Radius des mittleren Breitenparallels

$$N = \frac{6\,377\,397{,}15}{\sqrt{1-0{,}006674\,\sin 2\frac{1}{2}(\varphi+\varphi_{,})}}.$$

Wenn zwischen A und B keine regelmäfsige Triangulation durchgeführt werden konnte, so gibt Richtung und Länge der Linie a nun einen festen Anhalt, um das an einzelnen Stellen unvollständige Gerippe, beispielsweise mit Hilfe einzelner Richtungslinien entfernter Bergspitzen, zu einem grundlegenden Netz zusammenzufügen.

5. Konstruktion des Dreiecknetzes.

Hat man die Länge und das Azimut einer der Dreieckseiten berechnet, so kann damit angefangen werden, die Triangulation zu Papier zu bringen. Es ist sehr angenehm, wenn hiermit begonnen werden kann, bevor weitere Vermessungsarbeiten im Detail in Angriff genommen werden. Man kann daher unter Umständen die genaue Basismessung nicht abwarten, sondern legt eine vorläufige Entfernungsbestimmung zugrunde. Die Dreieckseite, welche man als Basislinie in die Karte eintragen will, mufs recht lang sein; es empfiehlt sich daher oft, die ersten Dreieckseiten zu berechnen und eine gröfsere Entfernung für die Konstruktion zugrunde zu legen. Der erste Punkt, welcher auf der Arbeitskarte bezeichnet wird, ist ein Endpunkt dieser Basislinie. Es erfordert Überlegung, diesen Punkt auf dem Papier richtig zu plazieren, denn durch ihn wird die Lage des ganzen Dreiecknetzes bestimmt.

Durch diesen Punkt zieht man nahe parallel der Papierkante eine gerade Linie als Meridian und trägt an diesem das

Azimut der Basislinie ab. Ist die Basislinie nach Länge und Richtung eingetragen, so ergibt sich die weitere Konstruktion von selbst. Jedoch ist wohl zu beachten, dafs das ganze Dreiecknetz auf diesen ersten Linien und Winkeln aufgebaut wird, dafs also gerade bei weniger strengen Beobachtungsverfahren auf diese Konstruktionen die allergröfste Sorgfalt verwendet werden mufs. Die wichtigsten Winkel müssen nicht mit Winkelinstrumenten direkt abgetragen werden, sondern man mufs die zugehörige Sehne dieser Winkel für einen Radius von mehreren Dezimetern Länge berechnen oder aus Tafeln entnehmen.

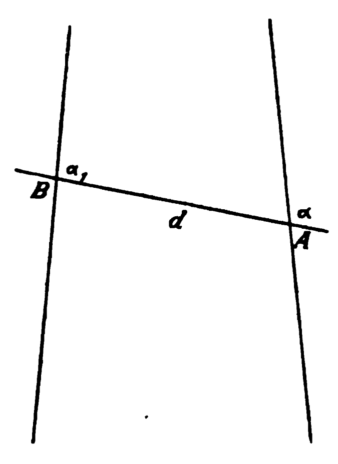


Fig. 2.

Das in solcher Weise auf dem Papier niedergelegte Dreiecknetz stellt eine Karte nach gnomonischer Projektion dar, denn alle Visierlinien oder kürzesten Entfernungen zwischen zwei Punkten sind als gerade Linien dargestellt. Für den Anfang der Konstruktion ist eine gerade Linie als Meridian eingetragen. Es ist nun zu berücksichtigen, dafs kein Meridian des weiter konstruierten Dreiecknetzes mit diesem parallel ist, dafs also kein Azimut, als das im Anfangspunkt, aus dem Dreiecknetze entnommen werden kann. Da aber für viele Zwecke im weiteren Verlauf der Arbeit die Azimute bekannt sein müssen, so ist es nötig, auf die Berücksichtigung der Konvergenz der Meridiane hier einzugehen.

Die Konvergenz der Meridiane kann definiert werden als der Unterschied zweier reziproker Azimute.

Wenn das wahre Azimut der Linie AB in der gnomonischen Karte in A mit α, in B mit α_1 bezeichnet wird, so ist $\alpha - \alpha_1$ die Konvergenz der Meridiane und dieselbe berechnet sich mit ausreichender Annäherung nach der Formel:

$$\alpha - \alpha_1 = \lambda \sin \frac{\varphi + \varphi_1}{2},$$

d. h. sie ist gleich dem Längenunterschied (λ) multipliziert mit dem Sinus der Mittelbreite.

Die Verbindungslinie AB in einer Merkatorkarte schneidet die Meridiane unter dem konstanten Winkel $\frac{\alpha + \alpha_1}{2}$ (Merkator-Azimut).

Ob die Konvergenz berücksichtigt werden mufs — in niederen Breiten ist dies nicht erforderlich — ergibt ein Überschlag nach obiger Formel. Da eine Bogensekunde der Länge in Metern beträgt 30.87 cos φ, so ist der in Metern bekannte Längenunterschied d sin α zu dividieren durch 30.87 cos $\frac{\varphi + \varphi_1}{2}$, und man erhält für die Dreieckseite d in Metern die Konvergenz der Meridiane in Bogensekunden aus der Formel:

$$\alpha - \alpha_1 = \frac{d}{30.87} \sin \alpha \operatorname{tg} \frac{\varphi + \varphi_1}{2}.$$

Mit dieser Korrektion findet man das Azimut des Endpunktes einer jeden Linie in der Karte aus dem Azimut α ihres Anfangspunktes unter Beobachtung der Regel, dafs die dem Pole nähere Station immer das kleinere Azimut hat. (Das Azimut wird von Nord oder Süd nach rechts herum über O. S. W. bis 180° gezählt.)

Mit Berücksichtigung der Korrektion für die Konvergenz der Meridiane ist man im stande, sich für jeden Punkt des Dreiecknetzes das Azimut einer Dreieckseite zu berechnen, und dies ermöglicht dann in diesem Punkte jede Richtungslinie anzutragen, welche aus ungefähr bekannter Entfernung durch Azimutbeobachtung nach dieser Station hin bestimmt wird.

Wenn man aus dem Dreiecknetz einen Teil herausnehmen will, so kann derselbe auch nur für sich bestehen, wenn man Länge und Azimut mindestens einer der darin vorkommenden Dreieckseiten berechnet hat. Eine solche Zerlegung in mehrere Teile findet aber bei jeder ausgedehnteren Vermessungsarbeit statt, sobald man nun daran geht, Lotungen, Küstenlinie und alles weitere Detail in Angriff zu nehmen.

6. Pegelbeobachtungen.

Gleich bei Beginn der Triangulation wird daneben auch die Anstellung von Wasserstandsbeobachtungen eingeleitet. Der Ort für einen Pegel wird nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählt. Der Ort mufs vor Dünung und Brandung geschützt sein und zugleich für die Beobachtung bequem liegen. Man wird bei Wahl des Observationspunktes auch auf einen Ort für die Pegelstation Bedacht nehmen. In vielen Fällen ist es möglich, den Pegel so aufzustellen, dafs man die Wasserstände

an demselben mit einem Fernrohr vom Schiff aus ablesen kann. Einen hierfür günstigen Ort findet man in Korallengegenden, beispielsweise auf einem dem Ankerplatz benachbarten Korallenriff, wenn solches, wie häufig vorkommt, auch bei Niedrigwasser stets untergetaucht bleibt. Eine gute Pegelstation am Lande erhält man oft an einer Landungsbrücke, an einem vor dem Strande liegenden Felsblock usw. Ist der Flutwechsel beträchtlich und der Strand wenig abschüssig, so wird man genötigt sein, mehrere Pegel in verschiedenen Abständen vom Strande zu errichten. Letzteres ist aber unbequem und wegen der erforderlichen Reduktion und Nivellierung zu vermeiden.

Als Pegel empfiehlt sich immer am besten eine einfache Latte, welche eine deutliche mit verschiedenen Farben breit aufgetragene Dezimeter- und Zentimeterteilung trägt. Pegel mit Schwimmern und Zeigern sind bei Vermessungen zu vermeiden. Für die Aufstellung des Pegels empfiehlt es sich, meist einen starken Pfahl aufzustellen, denselben durch seitliche Verankerung zu stützen, überhaupt alle Vorkehrungen zu treffen, welche die unverrückte Stellung desselben sichern können. An diesen Pfahl wird die eigentliche Pegellatte befestigt.

Die Beobachtung erfolgt stündlich und zur Bestimmung der Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser bei Herannahen derselben von 10 zu 10 Minuten.

Will man die Gezeitenverhältnisse genauer feststellen, namentlich die tägliche Ungleichheit kennen lernen, so muſs auch Nachts beobachtet werden. Für die Reduktion der Lotungen handelt es sich darum, den niedrigsten Wasserstand festzustellen, welcher das Niveau für die ganze Arbeit abgeben soll. Man kann aber nicht immer gerade zur Zeit der niedrigsten Springebbe Beobachtungen anstellen. Deshalb nimmt man in der Regel das Niveau der Karte um ein willkürlich gewähltes Maſs unter dem niedrigsten beobachteten Wasserstand an. Einen Anhaltspunkt hierbei gewährt häufig die Strandlinie, welche als höchster vorkommender Wasserstand erkennbar ist. Soviel dieselbe über dem höchsten beobachteten Stand bleibt, so viel kann man unter den niedrigsten beobachteten Stand hinabgehen bei Festsetzung des Niveaus, auf welches alle Lotungen reduziert werden sollen. Um die Lotungen bald möglichst definitiv reduzieren zu können, ist es wesentlich, mit den Pegelbeobachtungen früh zu beginnen und sich über die Niedrigwasserlinie bald zu entscheiden.

Ist kein passender Pegelort zu erhalten und bildet bei unzugänglichem Strand das Schiff den wesentlichen Stützpunkt der Vermessung — so auch bei Vermessung einer Untiefe weit

ab vom Lande — so mufs man die Pegelbeobachtungen durch regelmäfsige Lotungen ersetzen. Bei grofsem Flutwechsel, in flachem Wasser und auf ebenem Grund, wie z. B. vor einem ausgedehnten Flufsdelta, geben solche Lotungen auch befriedigende Resultate.

7. Strombeobachtungen.

Bei den Wasserstandsbeobachtungen sind auch sogleich die Strombeobachtungen zu erwähnen. Dieselben werden der Regel nach von dem verankerten Schiff aus angestellt. Man bedient sich dazu eines Logscheites, gröfser als das des gewöhnlichen Schiffslogs und statt der Knoteneinteilung der Logleine einer Meterteilung. Man läfst dann je nach Stärke des Stromes das Log einige Zeit nach einer Sekundenuhr auslaufen und berechnet darnach die Geschwindigkeit des Stromes, dessen Richtung man durch Kompafspeilung feststellt. Von besonderem Interesse sind bei Gezeitenströmungen die Zeiten des Stillwassers in ihrer Beziehung zu den Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser.

Da, wo die Strömungen ungleichmäfsig und von Flufsmündungen beeinflufst sind, werden die Ankerplätze des Schiffs als Beobachtungsstationen nicht immer ausreichen. Es müssen dann Boote entsendet werden, welche wenigstens zur Zeit des stärksten Stromes sich verankern und Richtung und Geschwindigkeit an Zwischenpunkten feststellen.

8. Küstenlinie.

Es kann nun zur Feststellung der Küstenlinie, der Topographie und der Tiefen geschritten werden. Man verfährt dabei nicht immer in gleicher Weise in bezug auf die Verteilung der Arbeit. Wenn kein übergrofser Zeitverlust damit verbunden ist, wird es sich immer empfehlen, das Dreiecknetz in Stücke zu zerlegen und jedes Stück einem Beobachter zur vollständigen Bearbeitung zu überweisen. Dadurch gewinnt die Arbeit für den Einzelnen an Interesse, denn es ist ebenso eintönig immer nur Küstenlinien abzulaufen, wie viele Tage lang hintereinander vom Boot aus zu loten. Wenn eine solche Zerlegung stattfindet, so werden die einzelnen Stücke mit allen Richtungslinien und festgelegten Punkten, eingeschriebenen Distanzen und Azimuten von der grofsen Arbeitskarte auf ein Spezialblatt genau übertragen. Dieses Blatt hat dann der betreffende Vermesser später, so vollkommen als eben möglich ausgeführt, wieder zurückzuliefern. Je nach den ihm zu Gebote stehenden Instrumenten, Booten usw. und mit Rücksicht auf andere Nebenumstände, z. B. Stille am Morgen und starke

Seebrise am Nachmittag, kann dann die Arbeit in den Booten oder am Lande fortgeführt werden. Am bequemsten für die Vermessung selbst ist es, die Küstenlinie zuerst festzulegen und dann mit der Arbeit auf dem Wasser zu beginnen.

Für Festlegung der Küstenlinie hat man verschiedene Methoden, welche nebeneinander in Anwendung kommen. Am wichtigsten und sichersten ist die Methode: von den Dreieckpunkten aus Tangenten an die Küstenlinie, an jeden Vorsprung und jeden Einschnitt usw. zu legen mit Hilfe des Theodoliten. Hierdurch werden eine Menge Punkte der Küstenlinie schon genau festgelegt durch „Vorwärtseinschneiden" von zwei Hauptstationen aus. Die Tangenten aber begrenzen den Verlauf des Küstensaumes. Wenn dieselben sogleich auf dem Reifsbrett in die Detailarbeitskarte eingetragen werden können, so hat man eine Grundlage für die Arbeit gewonnen.

Es folgt sodann das Begehen der Küstenstrecke selbst oder das Verfolgen derselben im Boot und Landen an hervorragenden Punkten. Wenn es das Terrain irgend erlaubt, sollte der ganze Strand begangen werden. Vieles Detail wird dabei ans Licht gezogen, Frischwasserplätze, Lagunen usw., was sonst leicht übersehen werden würde.

Häufig wird man dabei wieder Zwischenpunkte festlegen mit Hilfe der Pothenotschen Aufgabe und von diesen Punkten wieder Tangenten legen. Dazwischen aber wird man durch Abschreiten oder durch Mikrometermessung mit einer 3 m Distanzlatte in der von der letzten Station aus festgelegten Richtung den Verlauf des Küstensaumes bestimmen. Hierbei läfst sich auch ein Kompafs (Bootskompafs mit Stativ) am Lande verwenden. So erhaltene Punkte dürfen nicht als Fixpunkte für weitere Bestimmungen verwendet werden. Nichtsdestoweniger ist es nützlich, sie zu markieren, um darauf Lotungslinien in flachem Wasser zu basieren.

Der Fortgang der ganzen Begehung der Küstenlinien wird mit allen Detailwahrnehmungen und Urzeiten im Notizbuch vermerkt, gleichzeitig aber Schritt für Schritt auf dem Reifsbrett sorglich in die Arbeitskarte eingetragen. Der Grundsatz ist festzuhalten, dafs die Karte an Ort und Stelle angesichts des Vermessungsgebiets entstehen soll.

Der Küstensaum, der so auf dem Papier festgelegt wird, entspricht der Hochwasserlinie, während sich die Niedrigwasserlinie des Randes im Allgemeinen durch Reduktion der Lotungen ergeben soll. Das schliefst nicht aus, auch solche Gebiete, die nur bei Niedrigwasser trocken fallen, gleichzeitig in die Aufnahme mit hinein zu beziehen.

9. Topographie.

Die Topographie des eigentlichen Küstensaumes mufs unmittelbar bestimmt und in der Karte vermerkt werden. Dahin gehört die Unterscheidung, ob Flach- oder Steilküste, bei letzterer die Höhe und die Farbe des Gesteins, ferner ob sandig oder bewachsen, die Lage von Häusern und bemerkenswerten Bäumen am Strande und namentlich auch die Angabe von Landungsstellen und Frischwasserplätzen.

Für bergiges Küstenland erlangt die Bestimmung der von See aus sichtbaren Höhen und die Topographie der Berglehnen und Abhänge eine besondere Bedeutung und wird dann Gegenstand besonderer Beobachtungen, welche getrennt von der Festlegung der Küstenlinie ausgeführt werden müssen.

Es empfiehlt sich immer, nahe der Küste gelegene Höhen, welche einigen Ausblick gewähren, zu besteigen und von hier aus Winkel zu messen und Skizzen zu entwerfen. Oft wird man von ihnen aus sogar die Tiefenverhältnisse der Nachbarschaft beurteilen können, da von erhöhtem Standpunkt Entfärbungen des Wassers die Unebenheiten des Meeres oft deutlich zur Anschauung bringen. Dies gilt namentlich von stillem Wasser im Schutz von Korallenriffen.

Höhenmessungen können bei topographischen Arbeiten nicht entbehrt werden. Je ausgiebiger solche in Anwendung kommen, je anschaulicher kann das Küstenbild entworfen werden. Höhenmessungen vermittels eines Höhenkreises von fester Aufstellung in möglichster Nähe des Höhenobjekts sind die sichersten. Höhenwinkel vom Wasser aus über der Strandkimm — die mindestens 1000 m entfernt sein mufs — bedürfen der Korrektion für die möglichst niedrig zu wählende Augeshöhe. In beiden Fällen entnimmt man die Entfernung des Höhenobjekts aus der Karte. In der Regel werden Hilfstafeln für die Berechnung zur Verfügung stehen.

Die allgemeine Höhenformel ist:

$$h = a \operatorname{tg} \gamma + \frac{a^2}{2r} - \frac{a^2 k}{2r}$$

worin

h die zu berechnende Höhe,
a die Entfernung derselben,
γ der Höhenwinkel,
r der Erdradius (6370000 m)
k die Refraktionskonstante 0,13.

Die Formel lautet, wenn man die Konstanten einsetzt:

$$h = a \ tg \ \gamma + 0,0000000682 \ a^2$$

Bei $a = 2000$ beträgt die Korrektion 0,27 m und wächst von da ab schnell. Bei Entfernungen bis zu 2 km ist daher keine Korrektion anzubringen, man hat einfach $h = a \, tg \, \gamma$.

Man wird selten in die Lage kommen, barometrische Höhenmessung vorzunehmen. Bietet sich dazu Gelegenheit, so fallen die bezüglichen Arbeiten schon aufserhalb des Rahmens der eigentlichen nautischen Vermessungen. Ohne weitere Reduktion können kleine Höhenaneroide benutzt werden, um zwischen trigonometrisch gemessenen Höhen zu interpoliren und dadurch den Topographen in den Stand zu setzen, Höhenkurven zu entwerfen.

Was im übrigen topographische Eintragungen für Seekarten betrifft, so dienen dabei am besten als Vorschrift gute Seekarten gleichartiger Gegenden, welche in der Regel zur Verfügung stehen werden. Von der zu Gebote stehenden Zeit, der Zugänglichkeit des Landes und dem Geschick oder Willen der Beteiligten hängt es zumeist ab, wie viel oder wie wenig topographisches Detail in einer Seekarte Aufnahme finden wird.

Die Benennung der Orte mufs soweit als möglich nach den Angaben der Eingeborenen eingetragen werden. Nächstdem sind Namen zu wählen, welche den Ort (Berg, Kap, Klippe usw.) nach seinem Äufseren kennzeichnen, so dafs man ihn schon aus seinem Namen beim Anblick zu identifizieren vermag. Dagegen sind Benennungen nach Personennamen als unpraktisch und geschmacklos zu verwerfen, sofern damit nicht eine historische Erinnerung verknüpft ist.

10. Lotungen.

Wenn die Detailvermessung so weit fortgeschritten ist, dafs die Arbeitskarte die Lage des Küstensaumes mit allen charakteristischen Merkmalen angibt, beginnt die Bestimmung der Wassertiefen. Bis etwa 5 m Tiefe bedient man sich zweckmäfsig des Peilstocks, darüber hinaus des Lotes. Lotungen vom Boot werden durchschnittlich bis 30 m Tiefe geführt. Gröfsere Tiefen werden vom Schiff aus gelotet.

Die zum Loten entsendeten Boote nehmen Peilstangen, Lote und Lotleinen (letztere bis 20 m in halbe Meter geteilt), eine Boje mit Verankerung für unvermutete Untiefen und die nötigen Reflexionsinstrumente, Fernrohr und Uhr mit. Ferner ist es meist nötig zur selbständigen Errichtung von Zeichen an Land Pricken, Flaggen, Kalk mit sich zu führen.

Die Lotungslinien werden als Regel normal zur Strandlinie angeordnet. Bei solchen treten die Tiefenabstufungen auf der Karte am deutlichsten hervor, die 4, 5, 10 usw. Meterlinien lassen sich am besten ausziehen. Aber in sehr vielen Fällen, wegen Gezeitenstroms, Seegangs usw. ist man genötigt, von dieser Regel abzuweichen, weitere Vorschriften lassen sich dann nicht geben.

Die abzulaufende Lotungslinie mufs, wenn möglich durch ein Alignement bestimmt werden. Bei sorgfältigen Küstenlotungen läfst man, wenn der Strand gangbar ist, einige Leute am Strande, welche nach bestimmter Anweisung Zeichen aufsetzen und dadurch unter Benutzung natürlicher Merkmale ein Alignement fixieren. Hat das Boot dann die Linie bis zum tiefen Wasser abgelaufen, so ankert es und macht ein Signal, worauf die Zeichen für die nächste Linie versetzt werden. Inzwischen wird vom Boot aus die Position bestimmt und die gewonnene Lotungslinie auf dem Reifsbrett in die Karte eingezeichnet. Neben dem Alignement dienen Winkelmessungen zur Festlegung der Positionen. Lediglich auf Winkelmessungen basierte Lotungslinien müssen desto öfter durch Ankern und genaue Messung von mehr als zwei Winkeln vom verankerten Boot aus fixiert werden. Das Eintragen in die Arbeitskarte läfst dann sofort ersehen, ob Lücken ausgefüllt werden müssen und wie die nächste Linie zweckmäfsig gelegt werden soll. Auch die zu wählende Entfernung der einzelnen Lotwürfe von einander ergibt sich sogleich aus der Arbeitskarte. Jeder Lotwurf wird nicht durch eine Winkelmessung fixiert, sondern man nimmt regelmäfsige Zeitintervalle oder zählt eine gleichmäfsige Zahl Ruderschläge ab. Falls eine Untiefe oder bemerkenswerte Unregelmäfsigkeit der Tiefen entdeckt wird, verankert man eine Boje, bricht damit die Lotungslinie ab und rekognosziert die Umgebung. Für genaue Bestimmung des Lotungsortes in der Nähe der Küste ist ein Verfahren zu empfehlen, welches sich auf zwei Theodolitstationen am Lande stützt. Bei jeder Lotung wird ein Signal im Boot gezeigt, beide Theodoliten schneiden das Boot ein, und auf beiden Stationen wie im Boot wird die Uhrzeit notiert. Alle Beobachtungen werden mit laufender Nummer versehen. Für die Wahl der Lotungslinien bleibt dabei aber immer noch das Innehalten von Alignements usw. unentbehrlich, man macht daher von dem Verfahren nur Gebrauch, wenn besondere Genauigkeit erforderlich wird.

Wenn man auch die geloteten Tiefen provisorisch mit Blei in den Plan einträgt, so bleibt doch noch übrig, dieselben

auf den niedrigsten Wasserspiegel zu reduzieren, und dies kann in der Regel erst geschehen, wenn man die Aufzeichnungen des Pegelbeobachters erhalten hat. Man verfährt dann folgendermafsen: Die Pegelablesungen werden in ein Diagramm eingetragen als Ordinaten auf dem als Niveau der Karte angenommenen Wasserspiegel. Die Abszissenachse ist die Zeitskala. Man erhält so eine Kurve, aus welcher man für jeden Lotwurf die Reduktion direkt entnehmen kann.

Es kann nun vorkommen, dafs der Pegel umgefallen ist oder durch sonst eine Unregelmäfsigkeit die Ablesungen eine Zeitlang ausgefallen sind. Man kann sich dann so helfen, dafs man die Abszissenachse der Beobachtungen des vorhergehenden Tages um 50 Minuten verschiebt oder die Kurve zwischen etwa beobachteter Hoch- und Niedrigwasserzeit einschaltet.

Sind nur Hoch- und Niedrigwasser nach Höhe und Zeit beobachtet worden, so kann man bei regelmäfsig verlaufenden Gezeiten die folgende Reduktion anwenden:

1	Stunde	vor	oder	nach	Niedrigwasser	0.1	des	Flutwechsels.
2	„	„	„	„	„	0.25	„	„
3	„	„	„	„	„	0.50	„	„
4	„	„	„	„	„	0.75	„	„
5	„	„	„	„	„	0.90	„	„
6	„	„	„	„	„	1.	„	„

Man erhält durch diese Reduktion das Niedrigwasser des Tages, welches unter Anwendung der „halbmonatlichen Ungleichheit in Höhe“, die man in nautischen Tafeln angegeben findet, annähernd auf Niedrigwasser Springzeit reduziert werden kann.

Die Grundbeschaffenheit ist beim Loten fortwährend zu prüfen, namentlich, sobald man in Tiefen von mehr als 10 m lotet. Dabei ist Rücksicht zu nehmen auf die Grundbeschaffenheit als Orientierungszeichen und auf die Grundbeschaffenheit als Ankergrund. In erster Beziehung ist man darauf angewiesen, sich den bestehenden Bezeichnungsweisen anzuschliefsen, worüber vorliegende Seekarten Auskunft geben. Man bedient sich zur Erlangung von Grundproben einfach eines mit Talg bestrichenen Lotes, da die über die Grundbeschaffenheit anzugebenden Kartenvermerke gleichfalls nur für solche Beobachter bestimmt sind, welche Grundproben auf die nämliche Weise zum Vergleich mit der Karte erlangen. Sollen jedoch Grundproben für wissenschaftliche Untersuchungen erlangt werden, so wendet man Lote mit Kammern und Ventilen oder Grundzangen an.

In bezug auf die Geeignetheit des Grundes als Ankergrund ist ein Urteil eigentlich nur durch eigene Erfahrung zu motivieren, daher überall, wo man nicht mit dem Schiff vor Anker gelegen hat, Zurückhaltung zu empfehlen ist. Lotungen in gröfserer Entfernung vom Lande und in Tiefen über 30 m sind mit Booten sehr mühselig auszuführen. Wenn irgend angängig, mufs das Schiff hier diese Aufgabe übernehmen. In gröfserer Entfernung vom Lande wird die Positionsbestimmung unsicherer, man mufs sich oft mit dem einzelnen Azimut eines Landobjektes begnügen und die gelogte Fahrt, sowie astronomische Beobachtungen zu Hilfe nehmen. Es wird erst hier oft der Nutzen zutage treten, welchen entfernte Bergspitzen gewähren können, sobald sie in das Dreiecknetz mit einbezogen worden sind. Bei zunehmenden Tiefen tut die Dratlotmaschine ausgezeichnete Dienste, weil sie erlaubt, in voller Fahrt zu loten, wobei die Ortsbestimmung durch die zurückgelegte Distanz sicherer wird.

In der im vorstehenden beschriebenen Weise geht eine Vermessung vor sich, welche durch die Natur der Küste begünstigt, ihren regelmäfsigen Verlauf nehmen kann. In der Praxis werden auf Schritt und Tritt neue Aufgaben zu lösen sein, welche das Geschick und die Erfindungsgabe des Vermessenden auf die Probe stellen. Die Sorge für die Sicherheit des Schiffes, für die Gesundheit der Mannschaft, üben nicht zum kleinsten Teil Einflufs aus auf den Fortgang der Arbeit, Witterungs- und klimatische Schwierigkeiten und mannigfache äufsere Umstände treten hemmend auf, so dafs es notwendig wird, alle günstigen Gelegenheiten so intensiv als möglich auszunutzen. Man darf daher niemals grofse Erwartungen hegen, wenn Vermessungsarbeiten, selbst mit reichlichen Hilfsmitteln, nicht das alleinige Ziel sind, sondern nebenher oder bei sich bietender Gelegenheit geplant werden. In solchen Fällen ist stets auf Selbstbeschränkung Bedacht zu nehmen. Ein Hafen, eine Flufsmündung, eine kleine Tiefe oder Untiefe können leicht mit befriedigender Sicherheit auf einen Plan wiedergegeben werden. Auch eine Skizze vom Schiffe in Bewegung, eine sogenannte fliegende Vermessung, kann gelegentlich und ohne viel Zeitverlust aufgenommen werden, verlangt aber schon gröfsere Umsicht und Erfahrung. Das Bedürfnis für solche fliegenden Vermessungen ist indessen nahezu im Erlöschen begriffen.

Einige Spezialfälle für gelegentliche Vermessungen sollen nun noch kurze Besprechungen finden.

Die Vermessung eines Hafens, in dem das Schiff ankert, ist als eine der einfachsten Vermessungsaufgaben anzusehen. Dafs man nicht zu befürchten hat, dafs kleine Fehler sich durch Übertragung auf grofse Entfernungen vervielfältigen, so kann Basismessung und Triangulation in sehr einfacher Weise vor sich gehen.

Möglichst in Nähe des Ankerplatzes wird eine Observationsstation ausgewählt, wo die astronomischen, magnetischen und Pegelbeobachtungen vorgenommen werden können. Der Be-

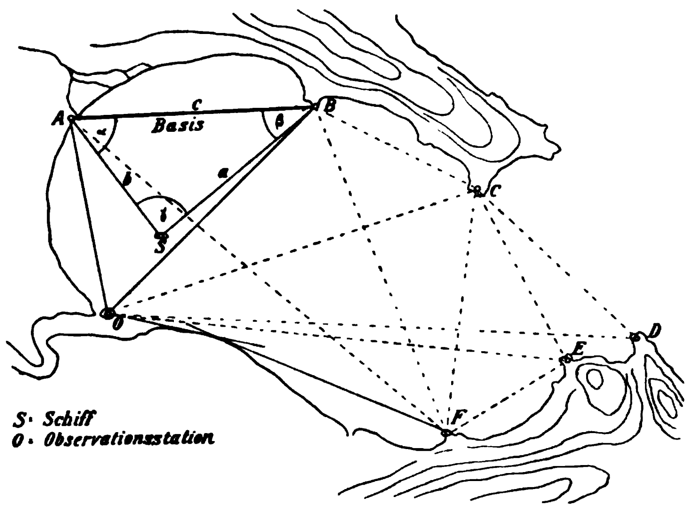


Fig. 3.

obachtungspunkt selbst mufs in mäfsiger Höhe (Deckshöhe des Schiffes) liegen und einen freien Rundblick auf das Vermessungsgebiet haben, damit er mit vielen Uferpunkten durch direkte Visuren verbunden werden kann. Auswahl und Bezeichnung dieser Uferpunkte ist die nächste Aufgabe. Ein grofses Dreieck mit Winkeln nicht unter 20° mufs sich an den Beobachtungspunkt anschliefsen und der Vermessung als Grundlage dienen. Die zu markierenden Uferpunkte sind so zu wählen, dafs von jedem derselben die beiden Nachbarpunkte gesehen werden können.

Liegen zwei solcher Stationen so, dafs sie mit dem Schiff ein günstiges Dreieck bilden, so wird zwischen diesen die Basis vermittelst der Methode der Masthöhenmessung bestimmt.

Man findet die Entfernungen b und a zwischen dem Schiff und den Stationen A und B als Produkt aus Masthöhe und cotg-Höhenwinkel in A und B gemessen. Dann erhält man

$$AB = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha} \text{ und}$$

$$AB = \frac{b \sin \gamma}{\sin \beta}$$

worin α und β direkt gemessen, $\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$. Die beiden so gefundenen Werte kontrollieren sich gegenseitig. Ihr Mittel ist die Basis, die der Triangulation des Hafens zugrunde gelegt werden kann.

Für ein so geschlossenes Hafengebiet ist es sehr angenehm, einen Theodoliten mit Höhenkreis zur Verfügung zu haben, da man hier die Azimutbestimmung und die Höhenmessungen nur unvollkommen (event. über einen Quecksilberhorizont) mit Spiegelinstrumenten ausführen kann.

Eine Flufsvermessung erfordert, wenn sie genau ausgeführt werden soll, einen erheblichen Arbeitsaufwand. Ein Netz kleiner Dreiecke den Flufs hinauf zu führen und dieses Netz zu orientieren, wenn keine weithin sichtbaren Landmarken vorhanden sind und bewaldete Flufsufer die Landung meilenweit schwierig oder doch nutzlos machen, ist ein zeitraubendes Unternehmen.

Eine nautische Vermessung, die den praktischen Zweck verfolgt, den Verlauf der Fahrrinne zu untersuchen, kann jedoch von einer solchen Dreiecksmessung absehen und sich auf einen Polygonzug in der folgenden Weise beschränken.

Ein schweres A- und ein leichtes B-Boot — am besten natürlich Dampfboot — arbeiten zusammen, von denen das erstere mit Mast und Stange als Winkelmafsobjekt versehen wird. Während B die Station 1 an der Mündung beibehält, nimmt A flufsaufwärts eine Position 2 ein, die von 1 aus eben noch gut sichtbar ist. Beide Boote verständigen sich durch verabredete Signale und nehmen gleichzeitig vor Anker Sextantenmessungen und Kompafspeilungen vor, B mifst die Entfernung 1—2 durch Höhenwinkel der Masthöhe A.

Dann verlegt B den Ankerplatz aufwärts nach 3, eben noch sichtbar von A, auf dem ganzen Wege in regelmäfsigen Zeitintervallen lotend — zwei Lote abwechselnd — und die Flufsufer skizzierend. Zwischen 2 und 3 wird gemessen und

gepeilt wie vorher zwischen 1 und 2. Darauf begibt sich *A* nach Station 4 stromaufwärts. In dieser Weise setzt sich die Arbeit weiter fort. Lotungen quer über den Flufs bei jeder Station vervollständigen die Vermessung. Wo sich Gelegenheit bietet, die Station ans Ufer zu verlegen und Azimut zu beobachten, mufs es geschehen.

Das wichtigste Ergebnis, die Tiefenbestimmung der Fahrrinne, hat bei einer Flufsvermessung nur vorübergehenden Wert. Die Reduktion der Lotungen, ebenso wie die Stromverhältnisse, können zuverlässig nur durch Beobachtungen erlangt werden, die längere Zeit hindurch und zu verschiedenen Jahreszeiten ausgeführt sind. Eine solche Flufsvermessung trägt daher in der Regel den Charakter einer Rekognoszierung

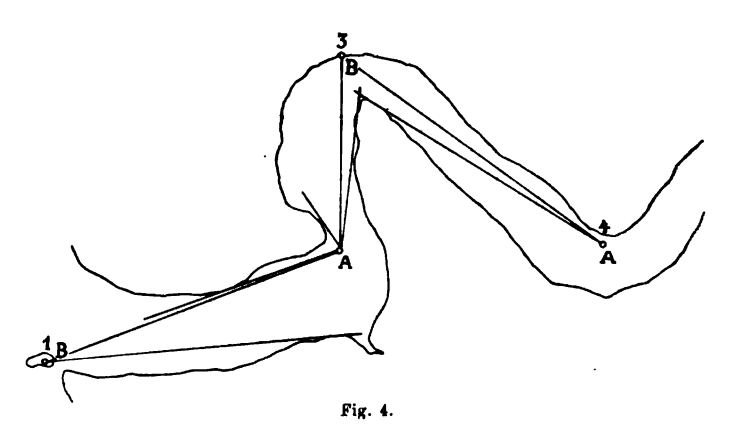


Fig. 4.

für vorübergehenden Gebrauch und mufs nur mit allem Vorbehalt für Anfertigung einer Karte verwendet werden.

F l i e g e n d e   V e r m e s s u n g e n sind speziell solche, welche sich auf keinerlei feste Punkte stützen, sondern die zurückgelegten Kurse und Distanzen des Schiffes als Basis den vom Schiff aus vorgenommenen Winkelmessungen zugrunde legen. Der zurückgelegte Weg des Schiffes wird durch astronomische Beobachtungen an den End- oder einigen Zwischenpunkten festgelegt. Eine Fahrt des Schiffes nicht über fünf Knoten und eine Entfernung von der Küste von drei bis vier Seemeilen wird am günstigsten für diese Vermessungsart sein. Wesentlich ist, dafs die Fahrt des Schiffes recht gleichmäfsig sei, damit man die Punkte für die einzelnen Winkelmessungen nach der Zeit auf der Kurslinie eintragen kann. Ferner

müssen eine Anzahl Beobachter zur Verfügung sein, um mehrere Winkel gleichzeitig zu messen. Die Schwierigkeit einer befriedigenden Küstenaufnahme vom bewegten Schiff liegt zumeist in dem Mangel scharf markierter Zielpunkte, da sich das Aussehen der Küste fortwährend ändert, und in der Abhängigkeit des Schiffskurses von Strömungen. Für Dampfschiffe sind solche Aufnahmen unendlich leichter als für Segelschiffe, jedoch ist das Bedürfnis für solche fliegende Vermessungen heute verschwunden. Sie haben ein hohes geschichtliches Interesse insofern, als auf solche Weise ausgedehnte Küstenstrecken zum ersten Male in Karten niedergelegt sind. In den Reisewerken Dumont d'Urville's sind ganze Bände der Darstellung dieses Verfahrens gewidmet.

Wichtiger sind laufende Vermessungen, d. h. solche, welche ein Dreiecknetz an der Küste entlang ziehen mittels Einschalten von Schiff und Booten als Fixpunkte durch öfter wiederholtes Verlegen des Ankerplatzes. Derartige Ergänzungen einer regelmäfsigen Triangulation werden an langgestreckten, wenig zugänglichen Küsten oft nicht zu vermeiden sein. Man verfährt im Prinzip so, dafs man zwischen zwei Küstenpunkten, welche sich trigonometrisch anders schlecht verbinden lassen, einen Ankerplatz auswählt, welcher eine günstige Lage als Dreieckpunkt bietet. Das Schiff bleibt dann so lange an dieser Stelle liegen, bis das zwischenliegende Gebiet vermessen ist, welche Arbeit mit Rücksicht hierauf oft in abgekürzter Weise vorgenommen werden mufs. Ebenso kann man auch einen fehlenden Küstenpunkt durch ein in der Nähe der Küste verankertes Boot ersetzen. Da die Dreiecke bei solchen Aufnahmen oft lang gestreckt sein werden, so sind Azimut und Entfernungsbestimmungen (durch den Schall, Masthöhen) zur Vervielfältigung der Bestimmungsstücke oft wesentlich.

Segelanweisungen. Jede nautische Vermessung bedarf als Ergänzung einer „Segelanweisung“, in welcher alles das niedergelegt wird, was sich in der Karte nicht wiedergeben läfst und doch für ein Schiff, welches sich der Karte bedient, von Wichtigkeit ist. Bei der Segelanweisung im engeren Sinne des Wortes ist stets ein Schiff ohne Dampfkraft vorauszusetzen, dementsprechend ist das Ansegeln von Land, das Ein- und Aussegeln für Häfen und Rheden zu besprechen und auf Strom, Wind und Wetter einzugehen. Dampfschiffe finden sich nach einer guten Karte unabhängiger zurecht. Die Küstenbeschreibung ist ein integrierender Teil der Segelanweisung. Dieselbe mufs aus eigener Anschauung bei der Vermessung selbst entworfen werden, mufs in gedrängtester Kürze die Darstellung der

Karte ergänzen und nicht in den häufigen Fehler verfallen, mit behaglicher Breite die Daten aus der Karte abzulesen. Nachrichten über Land und Leute, Statistisches, Proviant- und Wasserbeschaffung, Hafenverordnungen und dergleichen bilden willkommene Zugaben zu diesen Segelanweisungen.

Vertonungen. Von besonderem Nutzen für die Orientierung an einer fremden Küste sind Küstenansichten, sogenannte Vertonungen, welche teils auf der Karte selbst, teils in der Segelanweisung Aufnahme finden.

Die Vertonung wird unter Zugrundelegung einer Anzahl Horizontal- und Vertikalwinkel entworfen, als perspektivische Ansicht von einem in der Karte zu markierenden (gewöhnlich mit einem grofsen lateinischen Buchstaben bezeichneten) Punkt. In der Unterschrift der Vertonung wird Kompafsrichtung und Entfernung des wichtigsten auf dem Bilde erscheinenden Objekts eingetragen. Man verfährt am besten so, dafs man die rohen Umrisse im Notizbuch entwirft, dann die markantesten Objekte, deren Horizontal- und Vertikalwinkel man messen will, bezeichnet und Bemerkungen über Aussehen und Farbe des Landes usw. dabei schreibt. Die gemessenen Winkel werden schliefslich in die Skizze eingeschrieben. Die Vertonung kann hiernach unter Zugrundelegung eines Mafsstabes, welcher die Winkel als lineare Entfernungen wiedergibt, angefertigt werden, z. B. $1^{\circ} = 4$ mm. Die Höhenwinkel werden zuweilen in $1^1/_2$—2fachem Mafsstabe der Horizontalwinkel wiedergegeben, namentlich bei gröfseren Entfernungen von der Küste. Beim Entwurf einer solchen Vertonung bedient man sich zweckmäfsig quadrierten Papieres.

Die in der Kaiserlichen Marine für nautische Vermessungen eingeführten Rechnungsvorschriften und Schemata sind ausführlich behandelt in der vom Reichsmarineamt herausgegebenen „Anleitung zu Küstenvermessungen“ (Lehrbuch der Navigation, dritter Band. Berlin 1901). Für die Eintragung der Dreieckpunkte in die Karte ist daselbst durchweg das Prinzip der Berechnung ebener rechtwinkeliger Koordinaten in Anwendung gebracht, das vor dem graphischen Verfahren immer da den Vorzug verdient, wo es sich um Arbeiten handelt, die einen gröfseren Umfang annehmen und für die Vorbereitungen getroffen sind durch Mitgabe der erforderlichen Formulare, Tabellen und Rechnungsanleitungen.

Anstellung von Beobachtungen über Ebbe und Flut.

Von

C. Börgen.

Flut und Ebbe oder die Gezeiten nennen wir die Erscheinung des regelmäfsigen Hebens und Senkens des Wasserspiegels, welches sich innerhalb eines Tages in der Regel zweimal vollzieht. Hochwasser heifst der höchste, Niedrigwasser der etwa $6^h 12^m$ später eintretende niedrigste Wasserstand, dem wieder nach ca. $6^h 12^m$ ein neues Hochwasser folgt. Verfolgen wir die Erscheinung näher, so bemerken wir, dafs eine Abhängigkeit des Eintritts von Hoch- und Niedrigwasser von der Stellung des Mondes stattfindet, derart, dafs diese Phasen immer um eine gewisse, freilich innerhalb ziemlich weiter Grenzen wechselnde Zeit später eintreten als der Durchgang des Mondes durch den Meridian.

Man hat daher auch für dieses Zeitintervall eine besondere Bezeichnung eingeführt, nämlich Mondflutintervall, und man nennt das spezielle Mondflutintervall, welches am Tage von Neu- oder Vollmond stattfindet, die Hafenzeit (engl. establishment of the port). Ferner wird sich herausstellen, dafs die Hochwasser an verschiedenen Tagen verschieden hoch sind, und ebenso, dafs die Niedrigwasser in nahe demselben Mafse, in dem das Hochwasser höher wird, weniger hoch ansteigt, oder mit anderen Worten: dafs die Amplitude des Wasserstandes oder der Tidenhub oder Hubhöhe an verschiedenen Tagen ein verschiedener ist, und dafs derselbe gesetzmäfsig zu- und abnimmt. Bringen wir dies in Verbindung mit der Stellung des Mondes zur Sonne, so werden wir sehen, dafs der Tidenhub 1 — 2½ Tage nach Neumond am gröfsten und 1 — 2½ Tage nach erstem Viertel am kleinsten ist, dann wieder wächst, um gleiche Zeit nach Vollmond wieder ein

Maximum, und nach dem letzten Viertel wieder ein Minimum zu erreichen. Wir nennen dies Maximum des Tidenhubs, welches also um eine gewisse, an verschiedenen Orten verschiedene Zeit später eintritt als Neu- und Vollmond, die Springflut, und das Minimum des Tidenhubs, welches um die gleiche Zeit später als erstes und letztes Viertel stattfindet, Nippflut (auch wohl Taubeflut).

Bringen wir in ähnlicher Weise auch die Mondflutintervalle an verschiedenen Tagen mit der Stellung von Sonne und Mond in Verbindung, so bemerken wir, daſs das Zeitintervall zwischen dem Meridiandurchgang des Mondes und der Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser sich gesetzmäſsig ändert, und daſs dasselbe um einen mittleren Wert herum schwankt. Die Ursache dieser und ebenso der gesetzmäſsigen Änderung der Höhe von Hoch- und Niedrigwasser von einer Springflut zur andern ist demnach in der gegenseitigen Stellung von Sonne und Mond zu suchen, deren Anziehungen sich bald unterstützen, bald wieder einander entgegenwirken, und da sich dieses im Laufe eines halben Monats vollzieht, so hat man die Abweichung des Mondflutintervalls wie der Höhe des Hoch- und Niedrigwassers von ihrem mittleren Wert die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und in Höhe genannt. Man wird bei gröſserer Aufmerksamkeit bald entdecken, daſs die halbmonatliche Ungleichheit nicht unbeträchtliche Veränderungen zeigt, welche von der Entfernung des Mondes und der Sonne von der Erde sowie von der Deklination dieser Gestirne abhängen.

Betrachten wir die Aufeinanderfolge der Hoch- und Niedrigwasser nach Zeit und Höhe etwas näher, so werden wir in den meisten Fällen finden, daſs die aufeinanderfolgenden Hochwasser, die an einem und demselben Tage eintreten, nicht zu der gleichen Höhe auflaufen, sondern daſs im allgemeinen in der einen Hälfte des Jahres das Vormittagshochwasser höher ist als das nachmittags eintretende und in der andern Jahreshälfte das Umgekehrte der Fall ist; ferner daſs die Zwischenzeit zwischen dem Eintritt des Vor- und Nachmittagshochwassers bald gröſser, bald kleiner ist als das Intervall zwischen dem Nachmittags- und dem folgenden Vormittagshochwasser. Bei Niedrigwasser treten ganz ähnliche Erscheinungen auf. Diese Abweichungen von dem regelmäſsigen Verlauf der Gezeiten, wie er bisher geschildert worden ist, werden die tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe genannt, weil sich nach Ablauf eines Tages das Hoch- und Niedrigwasser wieder in regelmäſsiger Weise einstellt.

Genauere Beobachtung zeigt, dafs die tägliche Ungleichheit veränderlich ist, und dafs dieselbe mit der Deklination des Mondes zusammenhängt, derart, dafs dieselbe einige Zeit nach dem Tage, wo die Deklination ihr Maximum erreichte, am gröfsten, und = 0 ist, einige Zeit nachdem der Mond im Äquator stand. Auch die Sonne bewirkt eine tägliche Ungleichheit, die jedoch erheblich kleiner ist.

Nachdem wir die wichtigsten Erscheinungen kennen gelernt haben, welche sich im Verlaufe der Flut und Ebbe darbieten, wollen wir nun diejenigen Eigentümlichkeiten erwähnen, welche teils durch lokale Verhältnisse hervorgerufen werden, teils einzelnen gröfseren Meeresabschnitten angehören und daher besonders der Aufmerksamkeit empfohlen werden müssen.

In erster Linie haben wir hier solche Erscheinungen zu nennen, die gröfseren Meeresabschnitten angehören. Hierzu gehört ganz besonders das in manchen Gegenden stattfindende Überwiegen der täglichen Flutwelle, welches sich an manchen Orten derart steigert, dafs an den meisten Tagen nur ein Hoch- und ein Niedrigwasser stattfindet und nur an wenigen Tagen der gewöhnliche Verlauf der Gezeiten (zwei Hoch- und zwei Niedrigwasser am Tage) beobachtet wird, welches auch dann stets nur schwach ausgeprägt ist. Dieses Überwiegen der täglichen Flut findet im ganzen Indischen Ozean und in den chinesischen Gewässern statt, wo z. B. in dem Golf von Tongking reine Eintagsfluten vorkommen; ebenso ist an der südlichen nordamerikanischen Küste die tägliche Ungleichheit sehr stark, und im Golf von Mexiko ist die eintägige Flut in den allerdings nur niedrigen Gezeiten überwiegend. An der pazifischen Küste der Vereinigten Staaten ist die tägliche Ungleichheit gleichfalls sehr grofs und ebenso auf den Inseln des Stillen Ozeans.

Auch in der halbtägigen Flut sind Unregelmäfsigkeiten beobachtet, die zum Teil wohl ihre Ursache in der Interferenz von zwei auf verschiedenen Wegen an den Ort der Beobachtung gelangenden Wellen haben. Das Verhältnis der fluterzeugenden Anziehungskräfte von Mond und Sonne soll theoretisch wie 1 : 0.34 sein und wird an vielen Orten auch annähernd so gefunden; es sind jedoch einige Lokalitäten bekannt, an denen dieses Verhältnis ein wesentlich anderes ist, in Tahiti z. B. ist nach Belcher und Rodgers Beobachtungen das Verhältnis 1 : 1, und Airy fand für Courtown an der irischen Küste sogar die Mondflut kleiner als die Sonnenflut, während an einer andern Stelle des Irischen Kanals die Gezeiten überhaupt fast verschwinden.

Auf Neu-Guinea und im Bismarck-Archipel zeigt sich eine andere Eigentümlichkeit. Die Gezeiten sind nämlich durchweg Eintagsfluten, welche sich aber überwiegend nach dem Meridiandurchgang der Sonne, nicht des Mondes richten. Hier sind also die eintägigen Sonnentiden die überwiegenden.

Unter den Erscheinungen, welche lokalen Ursachen ihre Entstehung verdanken, fällt am meisten in die Augen das aufserordentlich hohe Ansteigen des Hochwassers und ebensolches Abfallen des Niedrigwassers, wie es an einigen Orten der Fall ist.

Diese Erscheinung ist in gröfserem oder geringerem Mafse überall dort zu erwarten, wo die Flutwelle in einen längeren breiten, an seinem inneren Ende geschlossenen Meeresarm eintritt, welcher entweder nahezu parallele oder langsam konvergierende Ufer besitzt. Es wird dann stets die Amplitude der Gezeiten wachsen vom Eingange der Bucht bis ins Innere. Mündet im Innern der Bucht ein Flufs, in welchen die Flutwelle hineindringt, so nimmt die Höhe derselben ziemlich rasch ab, es treten aber andere Erscheinungen auf, welche sogleich erwähnt werden sollen, die allen Flufstiden gemeinschaftlich sind. Beispiele solcher Buchten, in denen sehr hohe Gezeiten vorkommen, sind: Fundy-Bay zwischen Nova-Scotia und New Brunswick, in welcher die höchsten Fluten auf der Erde (bis zu 15 m) verzeichnet werden, ferner der Bristol-Kanal (bei Chepstow bis 12 m), die Bucht von St. Malo (bei Granville bis 12 m), Hang-tscheu-Bay (bis 10 m), ferner auf Korea. Dasselbe wird an der Ostküste von Patagonien beobachtet, wo in der Santa Cruz-Bay bei Puerto Gallegos bis 14 m, und in dem östlichen Eingange der Magellans-Strafse, wo 13 m vorkommen. Die vorstehenden Zahlenangaben beziehen sich auf Springtide; bei Nipptide ist die Amplitude der Gezeit natürlich bei weitem geringer. Bemerkenswert ist bei allen diesen Fällen, dafs sich das Hochwasser sehr rasch die Buchten hinauf fortpflanzt; in der Fundy-Bay z. B. ist der Zeitunterschied zwischen Hochwasser am Eingange und ganz im Innern dieser langen Bay nur wenig mehr wie 1 ½ Stunden; im Bristol-Kanal hat Chepstow $2^h\ 15^m$ später Hochwasser als Lundy Island.

Diese Erscheinungen bieten grofses Interesse dar; für ein genaueres Studium wird es sich ganz besonders darum handeln aufser zuverlässigen Beobachtungen der Gezeiten an verschiedenen Punkten der Küsten und einer Karte derselben, eine gute Darstellung des Bodenreliefs durch sorgfältige Aus-

lotung der betreffenden Buchten und der vorliegenden Gründe bis zum tiefen Wasser zu erhalten.

Dies kann kaum Gegenstand der Untersuchung für eine einzelne Person oder Expedition sein, für welche diese Anleitung in erster Linie bestimmt ist, sondern mufs besonderer Vermessung überlassen bleiben, deshalb sehen wir hier von genauerer Instruktion ab; es durfte jedoch hier nicht unerwähnt gelassen werden, da gewifs mancher Reisende in der Lage sein wird, hie und da eine Anregung zur Ausführung solcher Arbeiten zu geben. Aber auch abgesehen von einer solchen detaillierten Untersuchung ist jede zuverlässige Angabe über das Vorkommen, die Höhe und den Verlauf von so aufserordentlichen Gezeiten von Interesse, und es sollte nicht versäumt werden, diese Angaben zu sammeln.

Fernere Erscheinungen, welche durch die Form der Küsten, durch das Eindringen der Flutwelle in die Flufsmündungen (die daher auch bis zu dem Punkte, bis wohin sich die Gezeiten bemerklich machen, Ästuarien genannt werden) hervorgebracht werden, sind auch folgende, deren Festlegung sich zum Teil aus der Beobachtung des ganzen Verlaufs der Gezeitenerscheinnng an einem Orte ergibt, deren Beachtung sich jedoch auch da empfiehlt, wo genauere Beobachtung nicht möglich ist. Allgemein ist die Amplitude der Gezeiten an der Küste und in Flufsmündungen erheblich gröfser als im freien Ozean; man wird daher in einem langen Stromschlauch, wie ihn z. B. eine Flufsmündung darstellt, bis zu einer gewissen Entfernung flufsaufwärts von der freien See aus ein Wachsen des Flutwechsels wahrnehmen, welches dann jedoch in ein Abnehmen übergeht, bis in einer gewissen Entfernung von der Mündung infolge der Reibung und des Gegenstaues des Flufswassers die Einwirkung der Gezeiten ganz aufhört. Hiermit steht in Verbindung, dafs das Steigen des Wassers, je weiter den Flufs hinauf, desto kürzere, das Fallen längere Zeit in Anspruch nimmt als auf See. Während an freigelegenen Küstenstationen und auf See das Steigen und Fallen des Wassers gleich lange Zeit (6^h $12{,}5^m$) in Anspruch nimmt, steigt das Wasser z. B. in Cuxhaven an der Elbmündung 5^h 34^m, und es fällt 6^h 51^m; in Hamburg braucht es zum Steigen nur 4^h 39^m, dagegen zum Fallen 7^h 46^m. An manchen Orten tritt diese Erscheinung in noch viel höherem Mafse ein, so in Newnham am Severn, wo das Wasser nur 1^h 30^m zum Steigen, dagegen 10^h 55^m zum Fallen gebraucht. In Verbindung mit einer so stark durch die Bodenbeschaffenheit entstellten Welle tritt eine Erscheinung auf, die wir mit dem Namen Flut-

branduug (Stürmer) bezeichnen wollen. Sie besteht darin, dafs eine hohe Flutwelle, die sehr rasch bis zum Hochwasser anschwillt, bei Beginn des Steigens rasch mit einer sichtbaren Änderung des bisherigen Niveaus des Wassers in den Flufs eindringt und sich stark brandend über die die Stromrinne einschliefsenden und bei Niedrigwasser trocken liegenden Bänke ergiefst, eine Erscheinung, die sich mehrmals hintereinander wiederholen kann. Nachdem die einschliefsenden Untiefen mit Wasser bedeckt sind, geht das weitere Steigen des Wassers in regelmäfsiger Weise ohne Störungen vonstatten. Nach Airy ist zur Entstehung einer Flutbrandung aufser einer rasch ansteigenden Flutwelle das Vorhandensein ausgedehnter Bänke an der Seite der Stromrinne notwendig, wozu nach der Erfahrung im Hugly als dritte Ursache starker Gegenstau des Wassers beim Eintreten der durch die Regenzeit veranlafsten hohen, mit starker Strömung verbundenen Wasserführung des Flusses hinzugefügt werden mufs; wo die eine oder die andre Bedingung nicht erfüllt ist, tritt auch keine Flutbrandung auf. Die Erscheinung kommt vor im Severn (wo sie „bore" heifst), in der Seine und Gironde (wo sie unter dem Namen „mascaret" bekannt ist), im Amazonenstrom (wo die Eingeborenen sie „Pororoca" nennen), im Hugly und andern asiatischen Strömen. In Nord-America kommt sie u. a. auch in der von der Fundy-Bay abzweigenden Chignecto-Bay und Bay of mines vor. Es scheint, als ob darüber eine Meinungsverschiedenheit bestehe, ob das Wasser über die ganze Breite des Flusses brande oder nur über die einschliefsenden Bänke. Airy gibt bestimmt das letztere an und führt als weiteres Zeugnis dafür, dafs in dem tieferen Wasser die Welle ohne zu branden sich fortpflanzt, an, dafs auf dem Hugly Boote in die Mitte des Stromes gerudert werden, um sie aus dem gefährlichen Bereich der herannahenden Flutbrandung zu bringen. Andrerseits wird für die Flutbrandung im Hangtscheu-Flufs von englischen Seeoffizieren bezeugt, dafs die Brandung sich über die ganze Flufsbreite erstrecke; jede darauf bezügliche Notiz, sowie jede ausführliche Beschreibung und genauere Beobachtung über die Flutbrandung und die begleitenden Umstände, also: Art und Dauer des Steigens und Fallens des Wassers, Gröfse der Amplitude der Gezeit, Gestalt und Tiefe des Flufsbettes bei Niedrigwasser, namentlich, ob sich neben der Fahrrinne ausgedehnte Sände befinden u. dergl., ist daher von grofsem Interesse.

Andre Erscheinungen, die ebenfalls ihren Grund in der Gestaltung und Länge des Flufsbettes haben, sind die mehr-

fachen Hoch- und Niedrigwasser innerhalb derselben Tide. In der Regel ist ein Hochwasser das höchste und wird als das eigentliche Hochwasser betrachtet. Nachdem das Wasser eine Zeitlang gefallen ist, hört das Fallen auf, und es beginnt wieder zu steigen, erreicht jedoch in der Regel nicht wieder die frühere Höhe, dann fällt es wieder, und es kann unter Umständen noch einmal wieder steigen, bis es endlich seinen niedrigsten Stand erreicht, von wo es dann wieder in einem Zuge ohne Unterbrechung bis zum Haupthochwasser emporsteigt. Diese Erscheinung tritt auf in längeren engen Gewässern, wie im Firth of Forth (wo sie unter dem Namen „the leaky" bekannt ist), im Tay und vielleicht in der Themse. Auch diese Erscheinungen verdienen die Aufmerksamkeit der Beobachter. Ähnlicher Ursache ist das doppelte Hochwasser, welches am Helder (wo das zweite Hochwasser „Agger" heifst), in Southhampton und den Häfen in der Nähe des Solent (Poole, Christchurch usw.) beobachtet wird, sowie das verlängerte Hochwasser in Havre, welches diesem Hafen den Vorteil eines über 1¹/₂ Stunden dauernden, sehr nahe gleichbleibenden Hochwasserstandes gewährt (la tenue du plein). Bei allen diesen Erscheinungen handelt es sich aufser um Konstatierung der Tatsache und ihres Verlaufes auch darum, eine Beschreibung der Lokalität, der Tiefenverhältnisse, Vorhandensein und Lage von Bänken, Barren u. dergl. zu erhalten.

Was die Hoch- und Niedrigwasserzeiten betrifft, so wird man an Flüssen eine sukzessive Verspätung des Eintritts dieser Phasen flufsaufwärts konstatieren. So hat Hamburg $4^h\,21^m$ später Hochwasser als Cuxhaven und dieses wieder $1^h\,19^m$ später als Helgoland.

Die meisten der im vorgehenden erwähnten Tatsachen werden auf die einfachste Weise dadurch konstatiert, dafs man eine längere oder kürzere Zeit hindurch an einer Station gute Wasserstandsbeobachtungen anstellt, stündlich, wo der Verlauf der Flut ein regelmäfsiger ist, und in kürzeren Zeitintervallen, wenn Besonderheiten auftreten, wie sie oben erwähnt worden sind.

Diese Beispiele zeigen, wie verschieden die Gezeiten unter Umständen auch an relativ wenig voneinander entfernten Orten auftreten können; es ist deshalb wünschenswert, von so vielen Punkten des Erdballs wie möglich zuverlässige Beobachtungen über die Gezeitenerscheinungen zu erhalten, sowohl um ihre kosmischen, als um ihre terrestrischen und lokalen Ursachen zu erforschen. Hierzu gehört aber eine möglichst genaue Kenntnis des Bodenreliefs, über welches sich

die Flutwelle bewegt, weil ihre Gestalt und Fortpflanzung in sehr hohem Maſse davon abhängt; es bilden daher Lotungen sowohl im flacheren Wasser der Küste als im tiefsten Wasser der Ozeane eine notwendige Ergänzung zu den Beobachtungen der Gezeitenerscheinungen, wenn man diese als ein Ganzes auffassen will.

Ehe wir zur Besprechung der Mittel der Beobachtung übergehen, müssen wir die mit den Gezeiten verbundenen Strömungen kurz erwähnen. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daſs das Steigen und Fallen des Wassers mit einer horizontalen Bewegung desselben, einer Strömung, verbunden ist, welche zuerst in einer bestimmten Richtung, darauf in der entgegengesetzten stattfindet. Zwischen dem Wechsel der Richtung tritt eine kurze Zeit ein, in welcher keine oder eine nur wenig bemerkbare Strömung stattfindet, das Stau- oder Stillwasser. In Häfen und dicht unter der Küste pflegt der Wechsel der Stromrichtung bei oder kurze Zeit nach Hoch- und Niedrigwasser einzutreten, und man pflegt daher die Strömung, welche Hochwasser bringt, die Flutströmung, diejenige, welche Niedrigwasser bringt, die Ebbeströmung zu nennen. Aus dieser Tatsache hat sich die Vorstellung gebildet, daſs überall Stillwasser oder der Wechsel der Stromrichtung nahe gleichzeitig mit Hoch- und Niedrigwasser stattfindet, und es ist daher öfter in Ermangelung anderer Beobachtung aus der Zeit des Stromwechsels auf die Zeit des Hochwassers geschlossen worden. Jedoch kann nicht dringend genug vor solchen Schlüssen gewarnt werden, denn tatsächlich kann der Stromwechsel bis über drei Stunden nach Hoch- und Niedrigwasser eintreten, und dies wird sogar im freien Meere stets der Fall sein müssen, wie sich aus der Natur der Wellenbewegung ergibt, welche gerade bei den extremen Phasen (Hoch- und Niedrigwasser) die stärkste Strömung erzeugt. Mit der Annäherung an die Küste und beim Eindringen der Flutwelle in Fluſsmündungen verschiebt sich aber die Zeit des Stromwechsels immer näher nach Hoch- und Niedrigwasser, um in geschlossenen Buchten und ganz dicht unter der Küste ganz mit diesen Phasen zusammenzufallen.

Die Stärke der Strömung hängt von der Höhe der Gezeiten und der Tiefe des Wassers ab und kann unter Umständen sehr erheblich sein. Die Kenntnis der Gezeitenströmungen ist daher für jedes Gewässer und besonders für jeden Hafen von gröſster Wichtigkeit, und es sollte keine Gelegenheit versäumt werden, dieselben genauer zu studieren, sowohl ihrer Richtung als ihrer Geschwindigkeit nach, und ebenso der Art

nach, wie die eine Stromrichtung in die andre übergeht. In Häfen und Buchten wird dies in der Regel in der Weise vor sich gehen, dafs, wie schon erwähnt, die eine Stromrichtung allmählich aufhört, dann eine kurze Pause ohne wahrnehmbaren Strom eintritt, und dann der Strom aus entgegengesetzter Richtung wieder einsetzt und bald in voller Stärke auftritt. Es kommt aber in der Nähe der Küsten häufig vor, dafs ein derartiges, sozusagen plötzliches Übergehen der einen Richtung in die andre nicht stattfindet, sondern dafs der Strom allmählich, ohne jemals ganz aufzuhören, aus einer andern Richtung kommt, so dafs im Laufe einer ganzen Tide, d. h. von Hochwasser bis Hochwasser, ein verankertes Schiff (Windstille natürlich vorausgesetzt) auf allen Kursen im Strom von wechselnder Stärke gelegen hat. In der Regel wird der Strom auf zwei entgegengesetzten Richtungen nahe gleiche Stärke haben und zwei Richtungen werden sich durch besonders kräftigen Strom auszeichnen, während derselbe auf allen andern Kursen schwächer und am schwächsten auf den zu der Maximalrichtung senkrechten Kursen sein wird; es kommen auch Fälle vor, wo die Geschwindigkeit des Stromes auf allen Kursen die gleiche ist, doch ist dies wohl eine Ausnahme. Die Drehungsrichtung des Stromes richtet sich nach der Regel: D e n k e n w i r u n s l ä n g s e i n e r K ü s t e s e g e l n d, u n d z w a r m i t d e m F l u t s t r o m, s o d r e h t d e r S t r o m m i t d e m U h r z e i g e r, w e n n d a s L a n d a n d e r l i n k e n S e i t e, u n d g e g e n d e n U h r z e i g e r, w e n n d a s L a n d a u f d e r r e c h t e n S e i t e i s t.

An vorspringenden Kaps, wenn der Flutwechsel in den dahinter liegenden Buchten ein grofser ist, pflegt eine sehr starke Strömung aufzutreten, die unter Umständen gefährlich werden kann.

Als Beispiel, von welcher Wichtigkeit die Kenntnis der Gezeitenströmungen für die Navigation sein kann, mögen hier noch die Strömungen im Englischen Kanal und dem südlichen Teile der Nordsee nach den Untersuchungen des Kapitän Becchey Erwähnung finden. Auf der Strecke von Start Point-Guernsey bis Cromer-Vliessingen richtet sich die Stromrichtung nach dem Wasserstand bei Dover. Bei Niedrigwasser zu Dover fliefst der Flutstrom im Englischen Kanal nach Osten, in der südlichen Nordsee nach Westen; beide Strömungen treffen sich auf einer ziemlich scharf begrenzten Linie, die von Beachey-Head nach Pointe d'Ailly führt. Dies bleibt so bis zur Zeit von Hochwasser bei Dover, nur verschiebt sich die Linie, auf der sich die Strömungen treffen, allmählich bis nach North-

Foreland-Dunkerque. Bald nach Hochwasser bei Dover tritt im Kanal und dem in Rede stehenden Teile der Nordsee Stillwasser ein, mit Ausnahme des Teiles des in Frage stehenden Gebietes, das zwischen Beachey-Head und North-Foreland einerseits und Pointe d'Ailly und Dunkerquė andrerseits liegt, wo die Strömung aus Westen sich noch fortsetzt. Diese wird von Becchey „intermediate current“ (Zwischenstrom) genannt. Im Englischen Kanal beginnt sodann der Ebbestrom mit rasch zunehmender Geschwindigkeit aus Osten, in der Nordsee aber aus Westen zu laufen; der letztere vereinigt sich mit dem noch aus Westen laufenden Zwischenstrom, und die Scheide beider Strömungen liegt wieder auf der Linie Beachey-Head-Pointe d'Ailly. Die Stromscheide verschiebt sich nun wiederum nach Osten bis zu der obengenannten Grenze, es herrscht also jetzt in der Strafse von Dover ein Zwischenstrom aus Osten, der auch noch fortdauert, nachdem bei Dover Niedrigwasser, im Kanal sowohl wie in der Nordsee Stillwasser eingetreten ist. Im Kanal beginnt dann der Flutstrom wieder aus Westen, in der Nordsee aus Osten zu laufen, letzterer vereinigt sich mit dem östlichen Zwischenstrom in der Strafse von Dover, und die Stromscheide liegt wieder wie zu Anfang in der Linie Beachey-Head-Pointe d'Ailly. Die Geschwindigkeit der Strömung ist eine sehr erhebliche (über 3 bis stellenweise 5—6 Knoten), so dafs, wie man sieht, die Kenntnis dieser Verhältnisse für die Navigation von grofser Wichtigkeit sein kann [1]).

Durch den Wind können die Strömungserscheinungen ebenso wie überhaupt die Fluterscheinungen in mannigfacher Weise abgeändert werden. Längere Zeit anhaltender kräftiger Wind aus derselben Richtung wird je nach der Lage des Beobachtungsortes den mittleren Wasserstand über das gewöhnliche Niveau hinauftreiben, oder ihn unter dasselbe hinunterdrücken. Die kosmischen Ursachen entstammende Flut und Ebbe wird dadurch in Wirklichkeit nicht, sondern nur scheinbar geändert, weil das mittlere Niveau des Wassers bei den verschiedenen Phasen der Gezeiten der verschiedenen Windstärke gemäfs verschieden beeinflufst wird. Das Maximum der Einwirkung des Windes entsteht bei den sogenannten Sturmfluten, bei denen ein Sturm den Wasserspiegel mehr oder weniger in die Höhe treibt. Dabei kann es vorkommen, dafs das Hochwasser um eine Stunde und mehr verfrüht oder verspätet wird, und dafs das Niedrigwasser höher bleibt als sonst Hochwasser zu sein

---

[1]) Siehe hierüber Näheres in Börgen: Die Gezeitenerscheinungen im englischen Kanal usw. Annalen der Hydrogr. 1898.

pflegt. Welche Gefahren mit diesen gewaltigen Fluten für Land, Menschen und Menschenwerk verbunden sein können, davon gibt manche schwere Katastrophe an unserer Nordseeküste Zeugnis.

Auch andre meteorologische Vorgänge haben Einflufs auf den Wasserstand, wenn auch teilweise in viel geringerem Grade als der Wind. Das Wasser steigt höher an bei niedrigem Barometerstande als bei hohem, und zwar ungefähr um 1,3 cm für jedes Millimeter Luftdruckänderung.

Liegt eine Beobachtungsstation an einem Flusse, so wird der Wasserstand wesentlich von der Wasserführung des Flusses beeinflufst, welche wiederum von den Niederschlägen im Oberlaufe desselben wie seiner Nebenflüsse abhängt; auch hier wird im allgemeinen nur der mittlere Wasserstand beeinflufst, während die kosmische Gezeit ungestört sich manifestiert.

Es geht hieraus hervor, dafs die Beobachtung der meteorologischen Verhältnisse eine notwendige Ergänzung der Gezeitenbeobachtungen sein mufs und daher nicht versäumt werden sollte.

Nachdem wir im vorhergehenden die verschiedenen Erscheinungen kennen gelernt haben, welche die Gezeiten der Beobachtung darbieten, wollen wir nun dazu übergehen, die Mittel zu beschreiben, durch welche wir diese Erscheinungen feststellen und der wissenschaftlichen Untersuchung zugänglich machen können. Vorauszuschicken ist die allgemeine Bemerkung, dafs Beobachtungen über die Gezeiten um so wertvoller sind, je vollständiger sie sind, d. h. über einen je gröfseren Zeitabschnitt sie sich erstrecken und in je kleineren Zeitintervallen die Beobachtungen des Wasserstandes aufeinander folgen.

Die Beobachtung der Gezeiten kommt darauf hinaus, eine Reihe von Wasserstandsbeobachtungen auszuführen, die sich über eine Reihe von Tagen, Wochen oder Monaten ausdehnen. Das einfachste Mittel hierzu ist das, einen in Zentimeter oder Dezimeter eingeteilten Mafsstab (Pegel) senkrecht im Wasser zu befestigen, und von Zeit zu Zeit den Wasserstand zu notieren. Hierbei kommt es wesentlich darauf an, dafs man die Ortszeit innerhalb einer Minute genau kennt und immer genau notiert, zu welcher Stunde und Minute eine Ablesung des Wasserstandes gemacht worden ist. Hierbei sollte die gröfste Gewissenhaftigkeit beobachtet werden, da bei hohen Fluten schon ein Irrtum von ein bis zwei Minuten einen erheblichen Unterschied im Wasserstande machen kann. Es ist natürlich am einfachsten, wenn man den ganzen Verlauf der Tide an einem einzigen Mafsstab beobachten kann, bei sehr hohen Fluten wird dies aber nicht immer möglich

sein, da der Mafsstab zu lang und dadurch zu wenig stabil werden würde: es wird in diesen Fällen notwendig sein, mehrere kleine Mafsstäbe zu brauchen, die in verschiedenen Entfernungen vom Ufer aufgestellt werden und je nach Bedarf in Benutzung zu nehmen sind. Die Mafsstäbe, deren Teilungen ineinander übergreifen, sind dann durch ein Nivellement miteinander in Verbindung zu setzen und der dem Lande nächste Pegel auf eine feste Marke zu beziehen, deren Höhe über dem Nullpunkt der Pegel somit bekannt wird und als Kontrolle dienen kann, um etwaige Verrückungen der Pegel zu konstatieren und dieselben wieder einrichten zu können. Eine Kontrolle dieses Nivellements ergibt sich dadurch, dafs man zu Zeiten, wo das Wasser den oberen Teil des einen und den unteren des andern Pegels bespült, den Wasserstand an beiden Pegeln gleichzeitig abliest. Dies gibt bei ruhigem Wasser eine sehr gute Bestimmung der Beziehungen der Pegel zu einander.

Ob man an einem Pegel oder an mehreren beobachtet, oder welches Mittel der Beobachtung man immer anwenden möge, man sollte es niemals versäumen, den Nullpunkt, von dem aus man den Wasserstand mifst, mit einer an Land möglichst unveränderlich angebrachten, leicht auffindbaren Marke in Verbindung zu bringen und, wenn möglich, die Höhe der Marke über dem mittleren Wasserstand daneben zu vermerken. Dies gibt ein in später Zukunft höchst wertvolles Mittel, um über die Hebung oder Senkung einer Küste zuverlässige Daten zu gewinnen.

Die Beobachtung des Wasserstandes an einem einfachen ins Wasser gesetzten Mafsstabe hat unter Umständen seine Schwierigkeiten, weil das Wasser bei Seegang an dem Pegel auf und nieder geht und die Schätzung der Mittellage, welche dem ungestörten Niveau entsprechen würde, ungenau wird. Deshalb hat man verschiedene Mittel ersonnen, den Wellenschlag auszuschliefsen oder doch so weit abzuschwächen, dafs die Schwankungen des Wasserspiegels am Pegel der Genauigkeit der Ablesung keinen Eintrag tun. Die wirksamsten Mittel zur Erreichung dieses Zweckes bestehen darin, einesteils dem Wasser nur auf einem bestimmten Wege den Zutritt zu dem Pegel zu gestatten, andernteils denselben bis zu einem gewissen Grade zu erschweren. Eine Welle, wie sie durch den Wind gebildet wird, entsteht dadurch, dafs die Wasserteilchen um ihre Ruhelage Kreise beschreiben, wobei das folgende Teilchen seine Bewegung später beginnt als das vorhergehende. Diese Bewegung der Wasserteilchen nimmt

nach der Tiefe zu in geometrischer Progression sehr rasch ab, so dafs dieselbe schon in einer Tiefe, welche der Länge der Welle (dem Abstand von einem Wellenberg zum nächsten) gleich ist, auf $^1/_{535}$ der an der Oberfläche beobachteten Bewegung verkleinert ist. Wird z. B. an der Oberfläche eine Wellenhöhe von 1 m und eine Länge von 4 m beobachtet, so entsteht die Welle wie gesagt dadurch, dafs jedes Wasserteilchen einen Kreis von 1 m Durchmesser beschreibt, jedes folgende Teilchen aber seine Bewegung etwas später beginnt als das vorhergehende. Die tiefer gelegenen Wasserteilchen beschreiben immer kleinere Kreise, und in einer Tiefe von 4 m unterhalb des ungestörten Niveaus ist die Bewegung bereits so abgeschwächt, dafs die Teilchen nur noch Kreise von $^1/_{535}$ m oder ca. 2 mm Durchmesser beschreiben. Der Wellenschlag wird hiernach schon dadurch ganz erheblich abgeschwächt, dafs man das Wasser nicht direkt an den Pegel herantreten läfst, sondern die Zutrittsöffnung möglichst tief unterhalb der Oberfläche des Wassers verlegt. Eine Wirkung in gleichem Sinne erzielt man, wenn man die Zutrittsöffnung möglichst klein macht; doch sollte dies nicht übertrieben werden, auch mufs dafür Sorge getragen werden, dafs sich die Öffnung nicht durch Sand, Schlamm, Algen u. dgl. verstopfen kann.

Setzt man daher ein Rohr, welches unten geschlossen und nur am unteren Ende mit einer oder mehreren kleinen Öffnungen versehen ist, ins Wasser, so wird dieses sich in dem Rohr sehr gleichmäfsig und nahezu unbeeinflufst von dem Wellenschlage nur unter dem Einflusse der Gezeiten heben und senken. Zum Ablesen des Wasserstandes wird man am zweckmäfsigsten in das Rohr einen Schwimmer einführen und die Stellung des Schwimmers in demselben an einem Mafsstabe ablesen. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Man könnte mit dem Schwimmer selbst einen Mafsstab verbinden und beobachten, wie weit derselbe aus dem Rohr herausragt, oder man könnte ein Mefsband an dem Schwimmer befestigen, dasselbe über eine Rolle nach aufsen führen, es durch ein Gegengewicht gespannt halten, und nun ablesen, welcher Teilstrich des Bandes bei einem festen Index steht, doch erscheinen diese Einrichtungen nicht recht praktisch. Auch könnte man die letztere Einrichtung so modifizieren, dafs man anstatt eines Mefsbandes einen Draht über die Rolle führt und an dem Gegengewicht einen Index anbringt, welcher über einem festen Mafsstab spielt. Diese Einrichtungen haben jedoch den Nachteil, dafs der Index bei Niedrigwasser

hoch über dem Niveau des Wassers liegt, bei Hochwasser aber unter Umständen unter diesem Niveau zu liegen kommen kann. Deshalb ist die aus untenstehender Zeichnung ersicht-

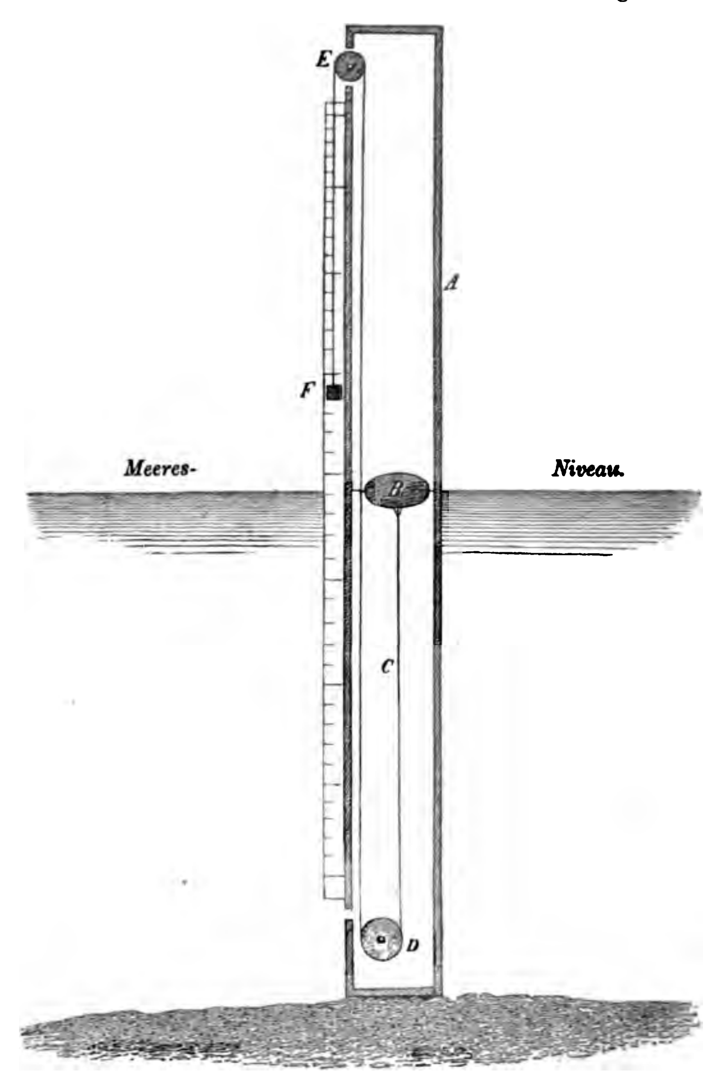


Fig. 1.

liche Einrichtung, welche bei der Küstenaufnahme in den Vereinigten Staaten zur Anwendung gelangt ist, vorteilhaft, weil bei ihr der Index bei jedem Wasserstande in der gleichen Höhe über dem Niveau des Wassers liegt, was besonders bei Beobachtung vom Boote aus bequem ist. In dem Rohr *A*, welches nur durch eine oder nötigenfalls mehrere kleine Öffnungen in der Nähe des Bodens mit dem Meer kommuniziert, bewegt sich der Schwimmer *B* auf und nieder. Von demselben geht ein Draht *C* nach unten über eine Rolle *D*, und von dieser nach oben über eine zweite Rolle E und wird gespannt gehalten durch ein Gegengewicht *F*, welches sich in einer an der Aufsenseite von *A* befestigten Röhre *G* auf und nieder bewegt. Diese Röhre trägt zu beiden Seiten eines Spalts, durch den ein an dem Gegengewicht befestigter Index tritt, einen Mafsstab, an welchem der Wasserstand abgelesen wird. Die Rollen *D* und *E* sollten möglichst leicht drehbar sein und Eisen möglichst vermieden werden. Eine Kette dürfte sich nicht als so praktisch erweisen wie ausgeglühter Messingdraht von mäfsiger Stärke oder ein schmales Kupferband.

Weitaus das beste Mittel zur Erlangung von zuverlässigen und vollständigen Daten über die Ebbe und Flut, welches gleichzeitig für den Beobachter die gröfste Bequemlichkeit gewährt und seine Zeit für andre Arbeiten frei läfst, bietet ein selbstregistrierender Flutmesser. Seine Aufstellung erfordert freilich besondere Vorkehrungen und ist nicht so ohne weiteres auszuführen, indessen sind die damit zu erlangenden Resultate so unvergleichlich viel vollständiger als die durch direkte Ablesung erhaltenen, dafs die Mühe, welche die Aufstellung macht, sich reichlich belohnt, und es aufserordentlich wünschenswert erscheint, an möglichst vielen Orten solche Instrumente, wenn auch nur zeitweise, aufzustellen. Das Prinzip des registrierenden Flutmessers ist bei den bisher zur Anwendung gekommenen Apparaten, abgesehen von kleineren Abweichungen der Konstruktion, das gleiche. In einem vertikalstehenden Rohre, welches entweder direkt oder durch eine Röhrenleitung mit dem Meere, dessen Gezeiten registriert werden sollen, in Verbindung steht, bewegt sich ein Schwimmer (entweder hohler Metallkörper oder ein aus Kork oder Holz hergestellter Schwimmkörper) mit dem Wasser unter dem Einflufs der Gezeiten auf und ab. Die Übertragung der Bewegung des Wassers infolge der durch Wind erzeugten Wellen auf das im Rohre befindliche Wasser sollte durch eines der oben genannten Mittel möglichst abgeschwächt sein. Von dem

Schwimmer führt ein Draht (am besten ausgeglühter Messingdraht oder schmales Kupferband) an die Peripherie eines Rades I, dessen Umfang 1 oder 2 m mifst, und wird durch einen an dem mit dem Rade I fest verbundenen zweiten Rade angreifenden Draht mit Gegengewicht stets gespannt gehalten. Indem der Schwimmer auf und nieder geht, wird das Rad in gleichem Mafse gedreht, da aber meistens die Gezeitenbewegung zu grofs ist, um in natürlichem Mafsstabe aufgezeichnet zu werden, weil alsdann der Apparat zu grofs werden würde, so wird die Bewegung in verkleinertem Mafsstabe auf den Schreibstift übertragen. Auf der Achse des Rades I, an dessen Peripherie der Schwimmer hängt, ist ein kleineres Rad II befestigt, dessen Umfang in einem bestimmten Verhältnis kleiner ist als der des Rades I. Dieses greift in ein Trieb ein, mit welchem auf derselben Achse ein Rad III sitzt, an dessen Peripherie ein biegsames Band befestigt ist, dessen andres Ende den Schreibstift trägt und das durch ein Gegengewicht gespannt gehalten wird. Der Durchmesser des Rades II, des Triebes und des Rades III wird so berechnet, dafs ein Punkt am Umfange von III sich in dem gewünschten Verhältnis weniger dreht als ein Punkt an der Peripherie von I. Der Schreibstift verschiebt sich natürlich um ebensoviel, wie ein Punkt an der Peripherie von III sich gedreht hat. Der Schreibstift sitzt in einem Schlitten, der in den Nuten zweier horizontaler Führungsstangen sich verschiebt, und ruht auf einer Walze, die mit Papier überzogen ist. Diese Walze wird durch eine Uhr in 24 Stunden herumgeführt, und es entsteht durch die doppelte Bewegung, einmal der Walze und dann des Schreibstifts, auf dem Papier die Wasserstandskurve, aus der man nachher den Wasserstand zu jeder beliebigen Zeit entnehmen kann. Bei andern Apparaten, z. B. bei dem Reitz'schen Flutmesser, haben wir an Stelle des Bandes eine Zahnstange, in welche ein Trieb eingreift. An der Zahnstange ist der Schreibstift (ein Diamant, welcher auf geschwärztem Glanzpapier die Kurve einreifst) befestigt. Zur Vermeidung eines etwaigen toten Ganges ist an der Zahnstange ein Gewicht angebracht, welches auf dieselbe einen steten Zug in derselben Richtung ausübt. Diese Einrichtung gibt vollendete Genauigkeit und überaus zierliche Zeichnung der Kurve. Die Einteilung des Bogens in Meter und Stunden geschieht am besten vor dem Einlegen der Walze in den Apparat, und hat man alsdann nachher dafür zu sorgen, dafs der Schreibstift genau auf einer Stundenlinie steht, wenn die Uhr eine volle Stunde anzeigt. In welcher Weise dies be-

werkstelligt wird, läfst sich allgemein nicht sagen, da dies bei verschiedenen Apparaten verschieden sein wird, meistens wird wohl eine Vorrichtung vorhanden sein, durch welche die Walze gegen ihre Achse mittels einer Mikrometerschraube gedreht werden kann. Um alle Ablesungen der Wasserstände auf einen und denselben Nullpunkt zu beziehen, ist es notwendig, einen gewöhnlichen Pegel aufzustellen und diesen u n t e r g e n a u e r N o t i e r u n g d e r Z e i t von Zeit zu Zeit abzulesen. Es werden dann nachher zu denselben Zeiten die Wasserstände von der Kurve abgelesen und durch Vergleich mit den direkt beobachteten Wasserständen eine Korrektion ermittelt, welche an alle von den auf dem betreffenden Bogen befindlichen Kurven abgelesenen Wasserhöhen angebracht werden mufs, um dieselben auf den Nullpunkt des Pegels zu beziehen, welcher seinerseits durch Nivellement auf einen festen, stets wieder auffindbaren Punkt bezogen werden mufs. Auch die Lage des Pegelnulls zu dem festen Punkte ist öfter zu kontrollieren, namentlich wenn der Pegel an Bauwerken (Kaimauern, Landungsbrücken u. dgl.), die bezüglich ihrer Stabilität zu Zweifeln Anlafs geben können, angebracht ist.

Da Hoch- und Niedrigwasser im Mittel jeden Tag um 50 Minuten später eintritt als am vorhergehenden, so ist ein Zusammenfallen der Kurven zweier Tage erst nach Ablauf von 14 Tagen zu befürchten, und es kann daher die Walze 14 Tage stehen bleiben, ohne dafs es nötig wäre, den Bogen zu erneuern. Dies setzt jedoch voraus, dafs die Kurven sich als reine klare Linien darstellen, dafs also die durch Wind erzeugte Wellenbewegung ausgeschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, so erscheinen die Kurven nicht als Linien, sondern als schattierte Bänder, und es kann dann unter Umständen sehr schwer sein, die einzelnen Kurven voneinander zu trennen. Es ist deshalb in solchen Fällen notwendig, den Bogen häufiger als alle 14 Tage zu wechseln; wie oft dies geschehen mufs, hängt natürlich von den Umständen ab und können hier keine Vorschriften gegeben werden. Alle diese Schwierigkeiten werden vermieden, wenn die Kurven nicht auf einen einzigen, um eine Walze geschlungenen Papierbogen, sondern auf einen kontinuierlichen breiten Papierstreifen aufgezeichnet werden, welcher sich auf der einen Seite des Schreibstifts von einer Trommel abwickelt, auf der andern Seite selbsttätig auf einer andern Trommel wieder aufwickelt. Die vollen Stunden werden alsdann durch die Uhr auf dem Bogen markiert, und ein fester Schreibstift zeichnet eine Basislinie, von der aus die Wasserstände gemessen werden.

Während die im vorhergehenden erwähnten Einrichtungen an die feste Küste gebunden sind, hat neuerdings Kapitän z. S. Mensing einen pneumatischen Flutmesser konstruiert, welcher auf hoher See bis zu Tiefen von 100—200 m gebraucht werden kann. Derselbe besteht aus einem Hohlkörper, welcher bis auf den Meeresgrund versenkt wird und ein im wesentlichen aus einem Differentialmanometer bestehendes Instrument einschliefst, welches Druckdifferenzen selbsttätig aufschreiben kann. Vor dem Versenken wird der Druck der in dem Hohlkörper enthaltenen Luft auf den am Meeresboden herrschenden Wasserdruck erhöht und durch ein Ventil, welches sich erst öffnet, nachdem der Apparat einige Zeit auf dem Grunde gelegen hat, abgeschlossen. Der Druck der das Manometer (Bourdonsche Röhre) umgebenden Luft wechselt mit der Höhe der Wassersäule oberhalb des Apparates, während in dem Manometer der ursprüngliche Druck erhalten bleibt.

Beim Betriebe eines registrierenden Flutmessers sind folgende Punkte zu beachten, welche wir hier erwähnen, ohne eine ausführliche Instruktion geben zu wollen, die stets an ein bestimmtes Instrument anknüpfen mufs. 1. Die Uhr mufs genau reguliert gehalten werden, und wenn dieselbe gestellt wird, dafür gesorgt werden, dafs die Stellung des Schreibstifts zu den Stundenstrichen auf der Walze mit der Uhr übereinstimmt, was dadurch erkannt wird, dafs der Schreibstift bei einer vollen Stunde über einem Stundenstrich stehen mufs. Bei einigen Apparaten dreht sich die Walze beim Stellen der Uhr von selbst um ein entsprechendes Stück, so dafs eine einmalige Regulierung genügt; es ist dies aber nicht bei allen Konstruktionen der Fall. 2. Die Ablesung des Kontrollpegels sollte für jeden Bogen mehrmals und so viel wie möglich bei sehr verschiedenen Wasserständen vorgenommen werden. Der Kontrollpegel sollte aber nicht in dem Schachte des Flutmessers selbst, sondern aufserhalb an einer gegen Seegang möglichst geschützten Stelle angebracht werden. Der Zweck des Kontrollpegels ist einesteils, die aus den Kurven entnommenen Wasserstände auf einen und denselben Nullpunkt zu beziehen, anderseits aber auch etwaige Unregelmäfsigkeiten in dem Apparate, eine Verstopfung der Zuleitungsrohre u. dergl. möglichst frühzeitig zu entdecken. 3. Bei jeder Kontrolle des Apparates ist das Datum neben oder besser auf die Kurve zu schreiben, und nach deren Abnehmen ist auf jeden Bogen Datum (Jahr, Monat, Tag) und Zeit von Anfang und Ende der Registrierungen und die Korrektion, welche an

die Kurvenablesungen anzubringen ist, um sie auf den Nullpunkt des Pegels zu reduzieren und alle sonstigen Bemerkungen zu notieren, welche für die Beurteilung des regelmäfsigen Verlaufs der Registrierung in der Zeit, während welcher der Bogen auf der Walze sich befand, von Wichtigkeit sind.
4. Möglichst bald, nach Abnahme eines Bogens, sind die Wasserstände für jede Stunde mittlerer Zeit, sowie die Hoch- und Niedrigwasserzeiten und Höhen von den Kurven abzulesen und dieselben auf Null des Pegels zu reduzieren. Die direkten sowohl wie die reduzierten Ablesungen sind in ein Journal einzutragen, welches zugleich alle sonstigen zur Reduktion notwendigen Daten, wie auch die meteorologischen Beobachtungen enthalten sollte.

Neuerdings sind Apparate zum Registrieren der Gezeiten vorgeschlagen worden, welche auf dem Prinzip des Manometers beruhen; da dieselben jedoch noch nicht genügend erprobt sind, so sehen wir von einer näheren Beschreibung derselben ab. Es scheint jedoch, als wenn dieselben namentlich den Vorzug haben würden, verhältnismäfsig wenig Schwierigkeiten bezüglich ihrer Aufstellung zu machen, da es sich dabei hauptsächlich nur um eine wettersichere Unterbringung des Registrierapparates, nicht aber um Ausführung von Bauten, durch welche das Wasser Zutritt zu einem Punkte senkrecht unter dem registrierenden Teile erhält, handeln wird, so dafs diese Konstruktion sich vielleicht als besonders für Reisegebrauch geeignet erweisen könnte. Ebenso lassen wir den elektrischen Flutmesser aufser acht, weil derselbe nur an festen Stationen brauchbar ist und erhebliche Bauten, Kabelanlage usw. erfordert, wenn auch der Registrierapparat leicht untergebracht werden kann.

Wir müssen noch kurz die Methoden und Instrumente erwähnen, welche zur Beobachtung von Strömungen dienen. Die einfachste Art, die Richtung und Geschwindigkeit einer Strömung zu beobachten, dürfte die sein, vom verankerten Boote aus ein Logg zu beobachten, sowohl mit Bezug auf die Richtung, in welcher das Loggscheit vom Boote aus peilt, als auch bezüglich der Geschwindigkeit, mit welcher die Loggleine ausläuft. Es ist hierbei zweckmäfsig die Loggeleine nicht, wie sonst üblich, in Knoten, sondern in Meter einzuteilen und nicht mit dem Loggglase, sondern nach der Uhr zu beobachten, wie viele Meter der Loggleine in einer halben oder ganzen Minute auslaufen. Genauere Mittel bieten der Irmingersche Stromindikator und der Amsler-Laffonsche Flügel dar, deren Beschreibung hier unterbleiben kann, da dieselbe sich im „Handbuch der Nautischen Instrumente“

findet[1]). Beide beruhen darauf, die durch die Strömung bewirkten Umdrehungen eines rotierenden Körpers (eines Schraubenflügels) zu zählen und aus der in einer gewissen Zeit beobachteten Anzahl auf die Geschwindigkeit der Strömung, durch die sie bewirkt wurden, zu schliefsen. Die Beobachtungen über die Stärke und Richtung der Gezeitenströmungen sollten mindestens alle Stunden in der Nähe des Stromwechsels öfter angestellt werden, um über die Beziehung zwischen Hoch- und Niedrigwasser und Stillwasser genaue Daten zu sammeln. Es genügt nur den allerersten Ansprüchen, Strombeobachtungen nur während einer oder zwei Tiden anzustellen, denn da die Geschwindigkeit des Stromes mit der Höhe der Gezeit zusammenhängt, so ist sie während der Periode von einer Springzeit zur andern veränderlich, und es ist von Wichtigkeit, die Änderungen festzustellen.

Auch für die Beobachtung der Strömungsrichtung und Geschwindigkeit hat Kapt. z. S. Mensing Apparate konstruiert, welche jede nur gewünschte Genauigkeit zu geben versprechen, auf deren Beschreibung jedoch hier verzichtet werden mufs.

Indem wir nun dazu übergehen, speziellere Ratschläge bezüglich der Anstellung von Gezeitenbeobachtungen zu geben, mufs vor allem hervorgehoben werden, dafs man nicht glauben möge, dafs nur längere Reihen von Beobachtungen, zu denen häufig keine Zeit vorhanden ist, Wert besitzen. Auch ganz kurze Reihen von Beobachtungen, die sich z. B. nur über 14 Tage erstrecken, sind von Wert und lassen die Hauptdaten ermitteln, wenn nur die Beobachtungen sorgfältig und gewissenhaft gemacht sind, und solche kürzere Reihen von Beobachtungen anzustellen, wird sich beim Aufenthalt eines Schiffes in einem Hafen sehr häufig Gelegenheit bieten. Zur sorgfältigen und gewissenhaften Beobachtung gehört vor allem, dafs der Pegel oder Registrierapparat zweckentsprechend aufgestellt und die Uhr, nach welcher beobachtet wird, richtige Ortszeit gibt, bezw. dafs ihr Stand gegen Ortszeit innerhalb einer halben Minute bekannt ist.

Es ist bisher meistens Gebrauch gewesen, nur die Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser festzustellen. Wenn auch durch diese Beobachtungen, wenn sie einige Zeit (mindestens 14 Tage) hindurch fortgesetzt worden sind, die Hauptkonstanten, wie mittleres Mondflutintervall, Hafenzeit, an-

---

[1]) Herausgegeben von dem Hydrographischen Amte der Kaiserlichen Admiralität.

genäherte halbmonatliche Ungleichheit, Flutwechsel u. dergl. erhalten werden können, so ist es doch, um die Gezeitenerscheinungen kennen zu lernen, nicht genügend, nur die extremen Phasen zu beobachten, man bedarf vielmehr dazu der Kenntnis der ganzen Welle, wie sie uns durch Registrierapparate geliefert wird. Aber auch ohne solche komplizierten Apparate läfst sich viel erreichen, wenn man entweder stündliche Beobachtungen des Wasserstandes ausführt, oder wenn die zur Verfügung stehende Zeit dies nicht erlaubt, doch wenigstens zwischen den extremen Phasen einmal oder besser mehrmals zu genau zu notierenden Zeiten den Wasserstand beobachtet. Die extremen Phasen, Hoch- und Niedrigwasser, werden am besten in der Weise beobachtet, dafs man um diese Phasen herum alle 5—10 Minuten den Wasserstand notiert und dies von etwa 20 Minuten vor bis 20 Minuten nach der betreffenden Phase fortsetzt. Liest man dann noch mindestens einmal, besser aber öfter zu beliebigen, aber genau notierten Zeiten zwischen den extremen Phasen den Wasserstand ab, so ist man imstande, nachträglich die Kurve des Verlaufes der Gezeiten zu konstruieren und daraus die stündlichen Wasserstände, deren man zur weiteren wissenschaftlichen Verwertung bedarf, zu entnehmen, ein Material, welches beinahe ebenso wertvoll ist, wie das durch stündliche Ablesungen erhaltene. Es versteht sich von selbst, dafs, um wissenschaftlich brauchbares Material zu erhalten, die Beobachtungen auch in der Nacht angestellt werden müssen. Bietet der Verlauf der Gezeiten Eigentümlichkeiten, von denen wir oben eine Anzahl Beispiele kennen gelernt haben, so werden natürlich Beobachtungen der ebengenannten Art nicht genügen, um diese Eigentümlichkeiten der wissenschaftlichen Behandlung zugänglich zu machen; dazu gehören vielmehr systematische stündlich oder in noch kürzeren Zeitintervallen angestellte, Tag und Nacht durchgeführte Beobachtungen, die sich aufserdem über einen längeren Zeitraum erstrecken müssen. Diese Besonderheiten sind indes nicht so häufig, dafs es oft notwendig sein wird, die Beobachtungen häufiger als alle Stunden zu machen. Ist kein selbstregistrierender Flutmesser vorhanden, so sind stündliche Beobachtungen Tag und Nacht hindurch angestellt am wertvollsten; doch k a n n hierbei, wenn es wegen Personalmangel absolut notwendig sein sollte, die Modifikation eintreten, dafs in der Nacht nur etwa alle 3—4 Stunden eine Ablesung gemacht wird; doch ist es alsdann gut, aufserdem noch die extreme Phase zu beobachten, welche innerhalb dieser Zeit fällt. Als Nachtstunden würden etwa die Stunden von

8^h oder 10^h pm bis 6^h am zu betrachten sein, und es würde um Mitternacht und um 4^h früh der Pegel abzulesen sein: aufserdem aber würde es wünschenswert sein, auch noch das Hoch- oder Niedrigwasser, welches innerhalb dieses Zeitintervalls fällt, zu beobachten; um 6^h früh würden dann die regelmäfsigen stündlichen Beobachtungen wieder beginnen; im Laufe des Tages brauchen zwar bei Anstellung von stündlichen Beobachtungen die Hoch- und Niedrigwasser nicht beobachtet zu werden, jedoch ist es nicht unerwünscht, wenn es geschieht.

Es sei noch kurz erwähnt, dafs ein Vorschlag von Dr. v. d. Stok, vormals Direktor des Observatoriums in Batavia, nur dreimal täglich (um 9^h am und 2^h und 6^h pm) eine Wasserstandsbeobachtung zu machen, sich bei seiner Anwendung in Niederländisch-Indien und in Kamerun zur Ableitung der Hauptkonstanten der Gezeiten recht gut bewährt hat. Es ist aber zu seiner Anwendung erforderlich, die Beobachtungen über ein ganzes Jahr hindurch fortzusetzen.

Wir müssen noch auf einen Punkt aufmerksam machen, der bei Beobachtungen an einem Pegel störend sein kann, nämlich dafs an manchen Örtlichkeiten, namentlich nach kräftigen Winden, Wellen aufzutreten pflegen, welche nicht dem gewöhnlichen Seegang entsprechen, der alle seine Phasen in wenigen Sekunden durchläuft, sondern eine sehr viel längere Periode von 1 bis 20 Minuten und mehr haben. Diese Wellen, deren Amplitude mitunter sehr grofs ist, können die Beobachtungen an einem gewöhnlichen Pegel recht wesentlich beeinflussen, und es ist daher Aufmerksamkeit erforderlich, um zunächst das Auftreten dieser Art von Wellen zu konstatieren und nachher die Ablesungen so einzurichten, dafs dieselben möglichst wenig davon beeinflufst werden. Dieser Art sind z. B. die durch Erdbeben erzeugten Wellen, die so häufig im Stillen Ozean beobachtet worden sind.

Das vollständigste Material erhält man, wie gesagt, durch selbstregistrierende Flutmesser, die die Flutkurve vollständig aufzeichnen. Eine detaillierte Instruktion für den Gebrauch dieser Instrumente zu geben, kann nicht in der Absicht dieser Anweisung liegen, um so weniger, als dieselbe sich verschieden gestalten wird für verschiedene Instrumente. Auf das Wichtigste, was bei allen Apparaten ohne Unterschied zu beachten ist, haben wir bereits oben aufmerksam gemacht. Die soeben erwähnten (Seiches-artigen) Wellen werden von einem registrierenden Flutmesser mitaufgezeichnet und stellen sich als Auszackungen der eigentlichen Flutkurve dar. Es ist leicht, die letzere mit genügender Genauigkeit zu erhalten,

indem man eine Kurve durch die Ausbuchtungen hindurchlegt, so dafs auf beiden Seiten möglichst gleiche Flächen abgeschnitten werden. Ähnlich ist zu verfahren, wenn der Seegang nicht genügend ausgeschlossen sein sollte und die Kurven sich als schattierte Bänder darstellen.

Bezüglich des Zeitraumes, über welchen sich die Beobachtungen zu erstrecken haben, ist schon mehrfach gesagt worden, dafs dieselben um so wertvoller sind, einen je längeren Zeitraum sie umfassen, dafs jedoch auch ganz kurze Reihen selbst von nur 14 Tagen die Bearbeitung lohnen. Solche kurze Reihen können natürlich nur die Hauptkonstanten liefern, eine Reihe von 30 bis 40 Tagen gibt schon genügendes Material (stündliche Beobachtungen vorausgesetzt), um auch schon die wichtigsten der kleineren Tiden zu erhalten, und die Beobachtungen eines Jahres geben die Möglichkeit, so weit zu gehen in der Ableitung der Konstanten, wie man will. Da aber die Konstanten mit der Lage der Knoten der Mondbahn in 19 Jahren veränderlich sind, so ist eine vollständige Reihe von Beobachtungen durch 19 Jahre hindurch aufserordentlich wünschenswert, jedoch nur durch dauernde Aufstellung von Registrierapparaten zu erlangen.

Anwendungen der Gezeitenbeobachtungen. Der Zweck, zu dem man Beobachtungen der Ebbe- und Fluterscheinung anstellt, kann ein verschiedener sein: entweder wird beabsichtigt, die zur Vorausberechnung der Hoch- und Niedrigwasserzeiten und -höhen notwendigen Daten abzuleiten, oder dieselben sollen dazu dienen, um bei verschiedenen Phasen der Gezeiten gemachte Lotungen auf dieselbe Phase zu reduzieren oder, mit andern Worten: die Wassertiefe auf dasselbe Niveau (Kartenniveau) zu beziehen. Die letztere Anwendung möge zuerst behandelt werden, worauf noch in Kürze angedeutet werden soll, in welcher Weise auch die zur künftigen Vorausberechnung der Hauptphasen der Gezeit erforderlichen Daten erhalten werden können.

Reduktion von Lotungen auf das Kartenniveau. Als Kartenniveau gilt bei den deutschen und englischen Seekarten das mittlere Springniedrigwasser, welches sehr nahe mit dem von Darwin vorgeschlagenen, die Summe der harmonischen Hauptkonstanten (welche nachher noch erläutert werden) darstellenden Niveau übereinstimmt. In Frankreich wird dagegen als Kartenniveau das niedrigste überhaupt beobachtete Niedrigwasser angenommen. Man könnte endlich auch eine beliebig gewählte Niveaufläche, z. B. das für Angabe der Terrainhöhen gebräuchliche „Normalnull“, wählen;

jedoch ist dies in Seefahrtskreisen nicht üblich und würde auch nicht dem seemännischen Bedürfnis entsprechen, welches die Kenntnis der geringsten Wassertiefe an dem betreffenden Orte verlangt. Im nachfolgenden soll daher als Kartenniveau das mittlere Springniedrigwasser am Orte der Lotung angenommen werden.

Um eine gelotete Wassertiefe auf das Kartenniveau zu reduzieren, ist es notwendig, zweierlei zu kennen: 1. den Teilstrich, an welchem das Kartenniveau einen in der Nähe der Lotungsstelle befindlichen Pegel schneidet, und 2. den Wasserstand am Pegel zur Zeit der Lotung $+$ Zeitunterschied u, um welchen Hoch- und Niedrigwasser am Pegel später oder früher (im letzteren Fall ist u negativ zu nehmen) eintritt als am Lotungsort.

Es dürfte ohne weiteres klar sein, dafs der zur Reduktion der Lotung auf das Kartenniveau benutzte, am Pegel abgelesene Wasserstand derselben Phase der Gezeit angehören mufs wie diese: ist bei Hochwasser gelotet worden, so mufs die Hochwasserpegelablesung benutzt werden und so für jede andre Phase; es mufs daher immer derjenige Pegelstand genommen werden, welcher um u später oder früher als die Zeit der Lotung stattgefunden hat.

Es sei daher:

$K =$ Teilstrich am Pegel, welcher dem mittleren Spring-Niedrigwasser entspricht (Pegellage des Kartenniveaus),
$h =$ Teilstrich, welcher dem Wasserstande zur Zeit der Lotung $+ u$ entspricht;

dann ist

(1) Wassertiefe der Karte $=$ gelotete Tiefe $- (h - K)$.

Dieser einfachste Fall setzt voraus, dafs der Pegel, an dem die Wasserstandsbeobachtungen gemacht werden, in so grofser Nähe des Lotungsgebietes sich befindet, dafs für denselben der Verlauf der Gezeitenbewegung der Gröfse nach der gleiche wie auf der Lotungsstelle sei, und dafs die Pegellage des Kartenniveaus bekannt ist. Diese Voraussetzungen sind aber nicht immer erfüllt, und es fragt sich, wie man sich in solchen Fällen helfen kann. Wenn man alsdann einen entfernten Pegel, den wir als Normalpegel bezeichnen wollen, benutzen kann, für welchen die notwendigen Daten bekannt sind, nämlich Pegellage des mittleren Springniedrigwassers, sowie Dauer des Steigens und Fallens, so sind zunächst diese Gröfsen auf einen in der Nähe des Lotungsgebietes aufgestellten Hilfspegel zu übertragen. Zu dem Ende ist es not-

wendig, einige Zeit hindurch an beiden Pegeln, den entfernten Normalpegel und den Hilfspegel, die Hoch- und Niedrigwasser nach Zeit und Höhe zu beobachten, dann berechnet man aus diesen Beobachtungen für beide Pegel 1. die Hubhöhen, wobei zu beachten ist, dafs beiderseits dieselben Hoch- und Niedrigwasser kombiniert werden, 2. die Differenzen der Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser an beiden Pegeln. Ist der Verlauf von Ebbe und Flut an beiden Orten derselbe, so wird diese Differenz für Hoch- und Niedrigwasser nahe gleichen Wert haben; ist der Verlauf an beiden Orten verschieden, so wird die Differenz der Eintrittszeiten für beide Phasen verschieden sein.

Es sei nun:

p = dem Verhältnis der Hubhöhen an beiden Pegeln und

u_h und u_n = dem mittleren Unterschied in der Eintrittszeit von Hoch- resp. Niedrigwasser an beiden Pegeln,

dann ist sehr nahe:

$$p = \frac{\text{Mittel der Hubhöhen am Hilfspegel,}}{\text{Mittel der Hubhöhen am Normalpegel.}}$$

u_h = Mittel aus: Eintrittszeit des Hochwassers am Normalpegel — derjenigen am Hilfspegel,

u_n = Mittel aus: Eintrittszeit des Niedrigwassers am Normalpegel — derjenigen am Hilfspegel.

Ist dann ferner:

M_0 = der Pegellage des langjährigen Mittelwassers am Normalpegel,

M'_0 = der Pegellage des Mittels aus sämtlichen an demselben gleichzeitig mit den Beobachtungen am Hilfspegel abgelesenen Hoch- und Niedrigwasserständen,

m_0 = der gesuchten Pegellage des langjährigen Mittelwassers am Hilfspegel,

m'_0 = der Pegellage des Mittels aus sämtlichen beobachteten Hoch- und Niedrigwasserständen am Hilfspegel,

so ist:

$$m_0 = m'_0 + p\,(M_0 - M'_0). \tag{2}$$

Ferner ist der mittlere Springtidenhub am Hilfspegel t_s:

$$t_s = \cdot p\, T_s,$$

wenn dieselbe Gröfse für den Normalpegel mit T_s bezeichnet wird, und es wird endlich die Pegellage K des mittleren Springniedrigwassers am Hilfspegel:

$$K = m_0 - \tfrac{1}{2}\, t_s = m'_0 + p\left\{M_0 - M'_0 - \tfrac{1}{2}\, T_s\right\}, \tag{3}$$

und die Wassertiefe ergibt sich dann mit Hilfe der Formel (1), wenn man voraussetzen darf, dafs der Verlauf der Gezeiten am Hilfspegel und am Lotungsort derselbe ist, dafs also die Differenz der Eintrittszeiten der Extremphasen an beiden Orten für Hoch- und Niedrigwasser nicht sehr verschieden ist. Kann diese Voraussetzung nicht gemacht werden, so kann nach dem folgenden Verfahren gearbeitet werden.

Wenn in der Nähe des Lotungsgebietes kein Hilfspegel aufgestellt werden kann, so mufs der Normalpegel direkt benutzt werden, wobei der Allgemeinheit wegen vorausgesetzt werden soll, dafs der Verlauf der Gezeiten an beiden Orten verschieden ist, was zur Folge hat, dafs u_h und u_n voneinander verschieden sind, und dafs man sich für das Lotungsgebiet über diese Werte, sowie über p durch Schätzung, bezw. durch Vergleich verschiedener in der Gegend befindlichen Pegel mit dem gewählten Normalpegel ein Urteil gebildet hat. So kann man z. B. für die südliche Nordsee den Wilhelmshavener Flutmesser als Normalpegel annehmen und für das Lotungsgebiet ein Urteil über die Gröfsen p, u_h und u_n gewinnen durch Vergleich des Verlaufs der Gezeit zu Wilhelmshaven mit denjenigen beim Rote-Sand-Leuchtturm, Kuxhaven und Helgoland, wo derselbe genau bekannt ist.

Ist nun eine Lotung zur Stunde s angestellt worden, und sind s_h, s_n und s'_h die Uhrzeiten resp. des einschliefsenden Hoch- und Niedrigwassers und des nächsten Hochwassers am Lotungsort, so findet am Normalpegel die gleiche Phase statt nicht zur Stunde s, sondern zur Stunde:

$$(4) \begin{cases} S = s + u_h + \dfrac{s - s_h}{s_n - s_h}\,(u_n - u_h) & \text{bei fallendem Wasser,} \\[2ex] S' = s + u_n - \dfrac{s - s_n}{s'_h - s_n}\,(u_n - u_h) & \text{bei steigendem Wasser.} \end{cases}$$

$s_n - s_h$ und $s'_h - s_n$ sind resp. die Dauer des Fallens und Steigens des Wassers am Lotungsort, welche aus den entsprechenden Zahlen für den Normalpegel erhalten werden durch Subtraktion von $u_n - u_h$ von der Dauer des Fallens und Addition dieses Wertes zur Dauer des Steigens am Normalpegel.

Entnimmt man dann den Beobachtungen am Normalpegel den Wasserstand H zur Zeit S oder S', so ist:

$$(5) \quad \text{Wassertiefe der Karte} = \text{gelotete Tiefe} - p\,(H - K_0).$$

Durch Anwendung dieser Formeln (4) und (5) dürfte eine ausreichend genaue Reduktion der Lotungen auf das

Kartenniveau erhalten werden. Wenn $u_k = u_n$ ist, d. h. wenn der Verlauf der Gezeit am Pegel und am Lotungsort derselbe ist, so reduziert sich (4) auf (1), weil $u_n - u_k = 0$ wird.

Um zu einer angenäherten Kenntnis des Unterschiedes der Eintrittszeiten der Extremphasen am Lotungsort und am Hilfs- oder Normalpegel zu kommen, kann man so verfahren, dafs man aus der wenigstens annähernd bekannten Wassertiefe die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flutwelle berechnet und hieraus die Zeit ableitet, welche die Welle gebraucht, um vom Lotungsort zum Pegel zu gelangen, oder umgekehrt.

Die Geschwindigkeit v der Fortpflanzung der Flutwelle in einer Zeitsekunde findet sich in Metern nach der Formel:

$$v = \sqrt{g\,k} = \sqrt{9.81\,.\,k},$$

wenn k die Wassertiefe in Meter bedeutet, und die Zeit, welche gebraucht wird, um die in Seemeilen ausgedrückte Strecke D zurückzulegen, ergibt sich in Zeitminuten aus:

$$(6) \qquad u = \frac{1852\,D}{60\,\sqrt{g\,k}} = 30.867\,\frac{D}{\sqrt{g\,k}} \text{ und } D = \frac{\sqrt{g\,k}}{30.867}\,u.$$

Dies ist die Zeit, welche die Welle gebraucht, um die Strecke D in ihrer Fortpflanzungsrichtung zurückzulegen. Da nun aber Pegel und Lotungsort nicht immer in dieser Richtung zueinander liegen, so empfiehlt es sich, mit Hilfe des zweiten Ausdrucks von (6) ein System von Linien gleicher Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser, etwa von 10 zu 10 Minuten, zu konstruieren und hieraus die Gröfse u für den Lotungsort zu entnehmen.

Was die Fluthöhe am Orte der Lotung im Vergleich zu der am Pegel betrifft, so gibt die Formel:

$$(7) \qquad p = \sqrt[4]{\frac{k_1}{k_2}},$$

worin k_1 die Wassertiefe in der Nähe des Pegels, k_2 diejenige am Lotungsorte bedeutet, einen angenäherten Begriff von dem Verhältnis beider. Jedoch ist die letzte Formel nur mit Vorsicht zu gebrauchen, und es mufs das Urteil über die Gröfse von p durch andre Erwägungen ergänzt werden.

Ableitung der Gezeitenkonstanten. Der zur Verfügung stehende Raum erlaubt es nicht, hier ausführlich die Regeln zur Reduktion von Gezeitenbeobachtungen mitzuteilen; wir müssen uns auf einige kurze Andeutungen beschränken, um wenigstens eine Vorstellung von der Art dieser Rechnungen zu geben. Wenn wir den theoretischen Ausdruck

für die Höhe des unter dem Einflusse der Gezeiten stehenden Wasserstandes entwickeln, sei es nach der Gleichgewichtstheorie oder nach der hydrodynamischen Theorie Laplaces oder nach Airys Wellentheorie, so gelangen wir unter Einführung von gewissen Erfahrungskonstanten zu folgendem Ausdruck, welcher die Höhe des Wasserniveaus über dem mittleren gibt:

$$(8)\quad H = \frac{M_0}{r^3}\left(\frac{3}{2}\cos\delta^2 - 1\right) + \frac{S_0}{r_1^3}\left(\frac{3}{2}\cos\delta_1^2 - 1\right)$$
$$+ \frac{M_1}{r^3}\sin 2\delta\cos(\Theta - \lambda) + \frac{S_1}{r_1^3}\sin 2\delta_1\cos(\Theta_1 - \lambda_1)$$
$$+ \frac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\cos 2(\Theta - \mu) + \frac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\cos 2(\Theta_1 - \mu_1).$$

Hierin bedeuten M_0, M_1, M_2, S_0, S_1, S_2 konstante Gröfsen, welche resp. der Masse des Mondes und der Sonne proportional sind, ebenso sind λ, λ_1, μ, μ_1, konstante Winkelgröfsen, die von der Lage des Beobachtungsortes abhängen. Ferner bezeichnen r, r_1, die Entfernungen von Mond und Sonne von der Erde, δ, δ_1 die Deklination dieser beiden Gestirne und Θ und Θ_1 ihren Stundenwinkel im Augenblicke der Beobachtung.

Die beiden ersten Glieder ändern sich langsam mit der Deklination und der Entfernung (oder der Parallaxe) des Mondes und der Sonne, sie stellen daher keine eigentliche Tide dar, sondern eine langsame Änderung des mittleren Wasserstandes, die sich in einem halben resp. ganzen Monat bezw. Jahr vollzieht. Die beiden folgenden Glieder stellen eine Gezeit dar, welche alle ihre Phasen innerhalb eines ganzen Tages durchläuft (daher eintägige Tide genannt), während die beiden Glieder der letzten Zeile eine Gezeit repräsentieren, welche ihre Phasen in einem halben Tage durchläuft (daher halbtägige Tide). Der obige Ausdruck ergibt, dafs alle Glieder veränderlich sind, weil sie mit veränderlichen Faktoren, Funktionen der Distanzen und der Deklinationen multipliziert sind.

Die Aufgabe der Reduktion von Gezeitenbeobachtungen ist nun die, die Konstanten zu ermitteln, und sind hierzu verschiedene Methoden ersonnen worden, von denen wir hier nur zwei erwähnen wollen, deren Anwendung sich nach dem gegebenen Beobachtungsmaterial richtet. Die ältere (besonders von Lubbock und Whewell ausgebildet) ist den früher allein vorhandenen Beobachtungen von Zeit und Höhe, von Hoch- und Niedrigwasser angepafst. Beschränkt man sich zunächst

auf die halbtägigen Tiden, weil die eintägigen meist hinreichend klein sind, um nur als Korrektionsgröfsen der ersteren behandelt zu werden, so lassen sich die beiden Glieder, durch welche dieselben ausgedrückt werden, in ein einziges zusammenfassen, nämlich:

$$(9)\quad \frac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\cos 2(\Theta-\mu)+\frac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\cos 2(\Theta_1-\mu_1)=H\cos 2(\Theta-\mu-\varphi),$$

worin:

$$(10)\begin{cases} \operatorname{tg} 2\varphi = \dfrac{-\dfrac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\sin 2(\Theta_1-\Theta-\mu_1+\mu)}{\dfrac{M_2}{r^3}\cos\delta^2+\dfrac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\cos 2(\Theta_1-\Theta-\mu_1+\mu)} \\ H=\sqrt{\left(\dfrac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\right)^2+\left(\dfrac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\right)^2+2\dfrac{M_2}{r^3}\cos\delta^2\dfrac{S_2}{r_1^3}\cos\delta_1^2\cos 2(\Theta_1-\Theta-\mu_1+\mu)} \end{cases}$$

Die Gröfse $\Theta_1-\Theta$, der Unterschied der Stundenwinkel von Sonne und Mond, ist gleich dem Unterschiede ihrer Rektaszensionen, und dieser wiederum, in Zeit ausgedrückt, ist im Augenblicke der Kulmination des Mondes der wahren Sonnenzeit T dieser Kulmination gleich; wir können daher alles auf die Kulminationszeit des Mondes beziehen, was deshalb bequem ist, weil diese Gröfse in allen nautischen Jahrbüchern und auch in den „Gezeitentafeln" gegeben wird. Da $\Theta_1-\Theta$ in einem halben Monate von 0^0 bis 180^0 wächst, so ergibt sich aus (10), dafs sowohl φ als auch H in einem halben Monat zu ihrem Anfangswert zurückkehren; deshalb stellt φ die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit, und die Abweichung des Wertes von H von dem Mittelwert H_0 die halbmonatliche Ungleichheit in Höhe, oder ΔH, dar.

Es ist Hochwasser, wenn (9) sein Maximum erreicht, was der Fall ist, wenn:

$$\Theta-\mu-\varphi=O \text{ oder } \Theta=\mu+\varphi$$

ist. Es ist nun $\Theta_1-\Theta=T$, also $\Theta=\Theta_1-T$, und da $\Theta_1=$ wahre Sonnenzeit ist, so erhalten wir die wahre Zeit des Hochwassers:

$$(11)\qquad \Theta_1=T+\mu+\varphi,$$

woraus sich die mittlere Zeit durch Hinzufügung der Zeitgleichung findet. Die Höhe des Hochwassers über dem mittleren Niveau ist:

$$(12)\qquad H=H_0+\Delta H,$$

und wenn A_0 die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels bedeutet, so ist die Pegelablesung h der Hochwasserhöhe, welche beobachtet wird:

$$(12\text{a})\qquad h=A_0+H_0+\Delta H.$$

Man ersieht aus (10), dafs φ und H resp. $\varDelta H$ mit der Deklination und der Parallaxe der Gestirne veränderlich sind. Da diese Veränderlichkeit jedoch nicht sehr erheblich ist, so kann man sie in Gestalt von Korrektionen an einen Mittelwert darstellen und hat demnach zu obigen Werten von Θ_1 und h noch diese kleinen Korrektionen hinzuzufügen, um die richtige Zeit und Höhe des Hochwassers zu erhalten. Für Niedrigwasser gelten ganz analoge Ausdrücke.

Die Methode nun, aus den beobachten Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser die Konstanten μ sowie φ, $\varDelta H$ und die Korrektionen wegen Deklination und Parallaxe der Gestirne zu ermitteln, ergibt sich aus (11), (12a) und (10) einfach.

Man bildet zunächst, (11), für alle beobachteten Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser die Differenz $\Theta_1 - T$ oder die Differenz zwischen der wahren Zeit der Beobachtung und der wahren Zeit der nächst vorhergehenden Mondkulmination, d. h. die Mondflutintervalle. Das Mittel aus allen Mondflutintervallen, welche sich über eine volle Anzahl von halben Mondmonaten erstrecken, ist $= \mu$ dem mittleren Mondflutintervall, weil die positiven und negativen Werte von φ sich in jedem halben Monat, mindestens sehr nahe, gegenseitig aufheben. Das so gefundene mittlere Mondflutintervall wird um so näher dem wahren Werte entsprechen, je länger der Zeitraum ist, den die Beobachtungen umfassen. Das mittlere Mondflutintervall, welches wir so erhalten haben, ist aber noch mit den Abweichungen der Mittelwerte der kleinen Korrektionen für Deklination und Parallaxe der Gestirne von denjenigen, welche für die mittlere Deklination und Parallaxe gelten, behaftet, und sind daher dementsprechende kleine Korrektionen an das gefundene μ anzubringen.

In gleicher Weise wird das Mittel aus allen beobachteten Höhen genommen, und erhalten wir für Hochwasser als Resultat die Gröfse $A_0 + H_0$ und für Niedrigwasser $A_0 - H_0$; das Mittel aus beiden ergibt also die Pegelhöhe des Mittelwassers A_0. Auch hier gilt das eben Gesagte bezüglich der Reduktion auf die mittlere Deklination und Parallaxe.

Um die halbmonatliche Ungleichheit zu erhalten, gruppiert man die Mondflutintervalle und Höhen in der Weise, dafs man alle Mondflutintervalle und Höhen, welche den Mondkulminationszeiten entsprechen, die eine Viertelstunde vor bis eine Viertelstunde nach jeder halben Stunde von $0^h\,0^m$ bis $11^h\,30^m$ fallen, zu einem Mittelwert zusammenfafst. Man erhält also 24 Mittelwerte, die sukzessive den Mondkulminations-

zeiten, $(\Theta_1 - \Theta)$: $0^h\ 0^m$, $0^h\ 30^m$, $1^h\ 0^m$, usw. angehören. Dann gibt die Abweichung dieser Mittelwerte von dem mittleren Mondflutintervall und der mittleren Höhe die mittlere halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe. Hat man nur wenige Beobachtungen zur Verfügung, so wird man die Zusammenfassung anstatt für die halben Stunden für jede Stunde der Mondkulmination machen.

Die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit ist $= 0$ und in Höhe ein Maximum, wenn $\Theta_1 - \Theta - \mu_1 + \mu = 0$ ist; $\Theta_1 - \Theta$ ist $= 0$ bei Neumond und $= 180^0$ bei Vollmond; die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit verschwindet also nicht, und es ist nicht Springzeit bei diesen Phasen, sondern eine gewisse Zeit später, welche gefunden wird, wenn wir $\mu_1 - \mu$ durch die Bewegung des Mondes in der Zeiteinheit dividieren. Man nennt diese Verspätung das Alter der Gezeit.

Um die kleinen Korrektionen für Deklination und Parallaxe der Gestirne zu finden, wird man am besten tun, zunächst mit der soeben gefundenen mittleren halbmonatlichen Ungleichheit die sämtlichen beobachteten Mondflutintervalle und Höhen zu verbessern, d. h. sie auf das mittlere Mondflutintervall und die mittlere Höhe bei Hoch- und Niedrigwasser zu reduzieren und sie dann nach folgenden Gesichtspunkten zu gruppieren. Behufs Ableitung z. B. der Deklinationskorrektion werden alle verbesserten Mondflutintervalle und Höhen in Gruppen, welche den Deklinationen 0—6°, 6—12°, 12—18°, 18—24° und über 24° (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen) entsprechen, und innerhalb jeder Gruppe in Untergruppen, die den verschiedenen Stunden der Mondkulmination entsprechen, in Mittelwerte zusammengefaſst, dann gibt die Abweichung dieser Mittelwerte von dem mittleren Mondflutintervall resp. der mittleren Höhe die der mittleren Deklination jeder Gruppe und der betreffenden Stunde der Mondkulmination entsprechende Deklinationskorrektion in Zeit und Höhe. Ganz analog ist das Verfahren für die Parallaxenkorrektion. Hierbei ist zu beachten, daſs man die beobachteten Mondflutintervalle und Höhen mit denjenigen Deklinationen, Parallaxen und Mondkulminationen zu kombinieren hat, welche um das Alter der Gezeit früher als die Beobachtung stattgefunden haben. Da die Parallaxenkorrektion meistens die gröſsere ist, so wird man diese am besten zuerst ableiten, dann die Beobachtungen wegen derselben verbessern und hierauf die Deklinationskorrektion ermitteln.

Bis jetzt haben wir vorausgesetzt, daſs die tägliche Tide so klein ist, daſs sie vernachlässigt werden könne. Dies ist

vielfach auch der Fall, und wo sie sich bemerklich macht, wird meistens das im nachfolgenden skizzierte Verfahren ausreichen, um die dieserhalb notwendigen Korrektionen, die unter dem Namen „tägliche“ Ungleichheit“ bekannt sind, zu ermitteln. Man bildet, nachdem man die beobachteten Mondflutintervalle und Höhen wegen der halbmonatlichen Ungleichheit und der kleinen Korrektionen verbessert hat, die Differenz zwischen dem Mondflutintervall (und Höhe), welches dem Vormittagshochwasser, und demjenigen, welches dem Nachmittagshochwasser entspricht, und ebenso die Differenz zwischen den dem letzteren und den dem folgenden Vormittagshochwasser entsprechenden Gröfsen und gibt der letzteren Differenz das entgegengesetzte Vorzeichen. Aus diesen Differenzen werden alsdann Gruppen gebildet, welche den Deklinationen -3^0 bis $+3^0$, $\pm 3^0$ bis $\pm 6^0$, $\pm 6^0$ bis $\pm 9^0$ usw. (nördliche und südliche Deklinationen getrennt) entsprechen, und in jeder Gruppe die Mittel gebildet. Diese geben dann die doppelte tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe für das Mittel der betreffenden Deklinationen. Das Alter der Gezeit für die tägliche Tidewelle ist in der Regel erheblich gröfser als für die halbtägige Welle (beträgt es für die letzteren $2\frac{1}{2}$ Tage, so kann es für die erste auf 6—7 Tage steigen); wir haben daher bei der Bildung der Gruppen die Differenzen der Mondflutintervalle und Höhen mit den Deklimationen zu kombinieren, welche um das Alter der Gezeit früher stattgefunden haben. Das Alter der Gezeit findet man mit genügender Annäherung dadurch, dafs man an einer Reihe von Fällen konstatiert, wie lange Zeit später als die Deklination 0^0 die Differenz der Mondflutintervalle und Höhen $= 0$ wird. Für Niedrigwasser wird ebenso verfahren.

Hiermit haben wir die wichtigsten Gröfsen gefunden. Das Mondflutintervall für die Kulminationszeit $0^h\,0^m$ ist die Hafenzeit, der Unterschied der mittleren Mondflutintervalle für Hoch- und Niedrigwasser gibt die mittlere Dauer des Steigens oder Fallens des Wassers, je nachdem das Intervall für Niedrigwasser kleiner oder gröfser ist als das für Hochwasser. Aus der Spring- und Nippfluthöhe von Hoch- und Niedrigwasser ergeben sich M_2 und S_2, denn es ist die Pegelhöhe:

bei Springflut-Hochwasser $= A_0 + M_2 + S_2 = H_1$

bei Springflut-Niedrigwasser $= A_0 - M_2 - S_2 = h_1$

bei Nippflut-Hochwasser $= A_0 + M_2 - S_2 = H_2$

bei Nippflut-Niedrigwasser $= A_0 - M_2 + S_2 = h_2$

daher:

$$M_2 = \tfrac{1}{4}(H_1 - h_1 + H_2 - h_2)$$
$$S_2 = \tfrac{1}{4}(H_1 - h_1 - H_2 + h_2)$$

und:

$$A_0 = \tfrac{1}{4}(H_1 + h_1 + H_2 + h_2)$$

die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels.

Wir haben diese Methode etwas ausführlicher dargestellt, weil sie sich leicht schon während der Reise und mit den zur Hand befindlichen Hilfsmitteln (nautisches Jahrbuch oder „Gezeitentafeln") ausführen läfst und es immer wünschenswert ist, die Hauptkonstanten für einen Hafen so bald wie möglich zu ermitteln.

Die zweite Methode, die der harmonischen Analyse (zuerst von Sir Wm. Thomson und Roberts aufgestellt und angewendet, später von G. H. Darwin, J. C. Adams sowie dem Verf. dieses bearbeitet), erfordert andres Material, nämlich stündliche Beobachtungen, und bedarf zu ihrer Anwendung einer eingehenderen Auseinandersetzung, als wir hier in dem uns zur Verfügung stehenden Raum geben können. Wir müssen uns daher damit begnügen, das Prinzip der Methode anzudeuten, und verweisen bezüglich genaueren Studiums auf eine Schrift des Verf. dieses: „Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen" (Berlin, Mittler 1885), worin dieselbe theoretisch entwickelt und Anweisung zu ihrer praktischen Ausführung gegeben ist. Die Regeln der Anwendung auf kurze Reihen von stündlichen Beobachtungen sind entwickelt in: „Die Ergebnisse der Beobachtungen der deutschen Polarstationen", Bd. II. Süd-Georgien. Einleitung S. XXXIII[1]).

Gehen wir wieder auf den Ausdruck (1) für die Höhe der Gezeit über mittlerem Wasserstande zurück, so ist es die Aufgabe, die veränderlichen Gröfsen resp. ihre Funktionen, nämlich die Entfernungen r und r_1, die Deklinationen δ und δ_1 und die Stundenwinkel Θ und Θ_1, welche die Rektaszensionen der Gestirne enthalten, auf eine andre, der Rechnung leichter zugängliche Form zu bringen. Es ist nun bekannt, dafs man jede einzelne dieser Gröfsen bezw. ihre in dem Ausdrucke (1) vorkommenden Funktionen in Reihen entwickeln kann, welche nur Glieder enthalten, die aus konstanten Faktoren, multipliziert mit den Kosinus von Winkeln, die gleichmäfsig mit der Zeit wachsen, bestehen. Wir können daher auch die Höhe der Tide in eine Reihe entwickeln, die nur solche „einfach harmonische" Glieder enthält. Wir wollen

---

[1]) Herausgegeben von Prof. Dr. Neumayer und Prof. Dr. Börgen.

in nachstehendem Ausdruck die wichtigsten dieser Glieder anführen. Bezeichnen wir mit γ die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, mit σ die mittlere Bewegung des Mondes in seiner Bahn, mit η diejenige der Erde, mit $\bar{\omega}$ die Bewegung des Perigäums der Mondbahn in der Zeiteinheit (eine mittlere Stunde) und mit t die seit Mittag des Anfangstages verflossene Zeit; ferner mit s_0, h_0, p_0 und p_1 resp. die mittlere Länge des Mondes in seiner Bahn, der Sonne, des Perigäums der Mondbahn und des Perihels der Erdbahn für die Anfangsepoche; mit ν_0 die Rektaszension des Durchschnittspunktes der Mondbahn mit dem Äquator, mit ξ den Unterschied der Bogenstücke zwischen dem Frühlingspunkt und dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn in der Ekliptik einerseits und diesem letzteren Punkt und dem Durchschnittspunkt der Mondbahn mit dem Äquator andrerseits, mit ν' und ν'' gewisse Funktionen von ν_0, und mit μ, ζ, $\varkappa_2$, ν usw. konstante Winkel, welche die Verspätung der betreffenden Tiden darstellen, so wird:

$$\begin{aligned}
h = {} & M\cos 2\left\{h_0 - s_0 - \nu_0 + \xi + (\gamma - \sigma)t - \mu\right\} \\
& + S\cos 2\left\{(\gamma - \eta)t - \zeta\right\} \\
& + K_2\cos 2\left\{h_0 - \nu'' + \gamma t - \varkappa_2\right\} \\
& + N\cos 2\left\{h_0 - \tfrac{3}{2}s_0 + \tfrac{1}{2}p_0 - \nu_0 + \xi + (\gamma - \tfrac{3}{2}\sigma + \tfrac{1}{2}\bar{\omega})t - \nu\right\} \\
& + T\cos 2\left\{-h_0 + p_1 + (\gamma - \tfrac{3}{2}\eta)t - \tau\right\} \\
& + K_1\cos\left\{h_0 - \nu' - \tfrac{1}{2}\pi + \gamma t - \varkappa_1\right\} \\
& + O\cos\left\{h_0 - 2s_0 - \nu_0 + 2\xi + \tfrac{1}{2}\pi + (\gamma - 2\sigma)t - o\right\} \\
& + P\cos\left\{-h_0 + \tfrac{1}{2}\pi + (\gamma - 2\eta)t - \psi\right\}.
\end{aligned}$$

Man hat die Vorstellung angenommen, dafs jedes Glied seine Entstehung einer besonderen fluterzeugenden Kraft verdanke und daher als besondere Tide zu betrachten sei, aus deren Zusammensetzung dann die wirklich beobachtete Flutwelle entstehe, und man hat der Bequemlichkeit der Bezeichnung halber die einzelnen Tiden mit einem Buchstaben bezeichnet; die in der vorstehenden Formel vorkommenden Tiden haben der Reihe nach die Buchstaben, welche darin als Koeffizienten der cos. auftreten, und die wir eben deshalb zur Bezeichnung der halben Amplituden der betreffenden Tiden gewählt haben. M und S sind die Haupt-Mond- und Sonnentiden, K_2 die aus den Deklinationen von Mond und Sonne entstehende kleine Tide, N die wichtigste der aus der wechselnden Entfernung des Mondes, T die aus der Entfernungsänderung der Sonne entspringende Tide. Dies sind die wichtigsten halbtägigen Tiden, während K_1 und O die wichtigsten eintägigen Mond-

tiden, *P* die wichtigste eintägige Sonnentide ist. Bei einer vollständigen Entwicklung würden aufser diesen 8 noch etwa 16 andre mitzunehmen sein, wobei auch die wichtigsten Störungen des Mondlaufs, die Evektion und die Variation, berücksichtigt werden. Wenn die Gezeit grofs ist im Verhältnis zur Tiefe des Wassers, so treten in Verbindung mit den Tiden *M* und *S* kleinere Tiden, die sogenannten „Nebentiden", auf, die das zwei-, drei- und vierfache Argument der oben angeführten Haupttiden, aber andre Verspätungen haben.

Die Ableitung der Konstanten *M* und μ, *S* und ζ usw. geschieht in folgender Weise. In ein Schema, welches aus einer Reihe von 24 vertikalen Kolumnen, von denen jede einer Tiedestunde, d. h. $^1/_{24}$ des Zeitintervalls von einem Hochwasser der gesuchten Tide bis zum nächsten, entspricht, und einer Anzahl horizontaler Zeilen besteht, werden die beobachteten Wasserstände von Mittag des ersten Tages angefangen sukzessive eingetragen, dabei aber in gewissen Intervallen, die in dem Schema vorher markiert sind, zwei aufeinanderfolgend beobachtete Wasserstände in dieselbe Stundenrubrik eingetragen oder auch, je nach der gesuchten Tide, eine Stundenrubrik übersprungen. Ob ein Doppeleintrag oder eine Auslassung gemacht werden soll, richtet sich danach, ob die stündliche Änderung des Arguments der Tide kleiner oder gröfser ist als 15°. Nachdem alle beobachteten Wasserstände eingetragen sind, werden für die 24 Vertikalkolumnen die Mittelwerte berechnet, und diese stellen um so genauer die gesuchte Tide dar, je länger der Zeitraum der Beobachtung war.

Die Absicht bei den Doppeleintragungen oder Auslassungen in einzelnen Rubriken ist nämlich die, auf bequeme Weise in den Mittelwerten jeder Vertikalspalte die Wirkung der andern Tiden auszuschliefsen und nur die Tide zurückzubehalten, welche man bestimmen will. Wird z. B. die Tide *M* gesucht, so hat man in der ersten Zeile in Spalte 14^h eine Doppeleintragung zu machen, in der zweiten Zeile in Spalte 18^h, in der dritten in 23^h, in der vierten Zeile findet keine Doppeleintragung statt, in der fünften Zeile ist eine solche in Spalte 3^h, in der sechsten in 7^h zu machen, usw. Wird die *S*-Tide gesucht, so sind überhaupt keine Doppeleintragungen oder Auslassungen zu machen. Für die *N*-Tide fällt die erste Doppeleintragung in die erste Zeile Spalte 9^h, die nächsten beiden in Zeile 2 Spalte 3^h und 21^h usf., für jede Tide besonders; bei den *K*-Tiden kommen Auslassungen vor.

Hat man auf diese Weise die 24 Mittelwerte erhalten,

so stellt man die Haupttide nebst den zu ihr gehörigen Nebentiden und den aus der vierten Potenz der Entfernung des Mondes entspringenden dritteltägigen Tiden dar durch eine Reihe von der Form:

$$R_1 \cos(nt - \zeta_1) + R_2 \cos 2(nt - \zeta_2) + R_3 \cos 3(nt - \zeta_3) + R_4 \cos 4(nt - \zeta_4) + \cdots$$
$$= A_1 \cos nt + B_1 \sin nt$$
$$+ A_2 \cos 2nt + B_2 \sin 2nt$$
$$+ A_3 \cos 3nt + B_3 \sin 3nt$$
$$+ A_4 \cos 4nt + B_4 \sin 4nt \text{ usw.},$$

wo $n = 15^0$ ist. Die Bestimmung der Koeffizienten A und B ist eine einfache Sache, und es ergeben sich daraus einfach die R und ζ und aus diesen wiederum die auf eine mittlere Lage der Mondbahn reduzierten Koffizienten H und die Verspätungen der Tiden. Man wird nur für die Tiden M und S, aufser dem Hauptgliede R_2 die Glieder R_1, R_3, R_4, R_6 und R_8 ableiten, da nur für diese die Nebentiden bedeutend genug sind, um berücksichtigt werden zu müssen.

Bezüglich weiterer Einzelheiten mufs auf die schon erwähnte Abhandlung verwiesen werden, in welcher man ausführliche Vorschriften sowohl für die Berechnung der Koeffizienten als auch für die Bestimmung der Rubriken, in denen Doppeleintragungen oder Auslassungen gemacht werden sollen, findet.

Ist die Reihe der Beobachtungen nur eine kurze, so trifft die Voraussetzung, dafs in den 24 Mittelwerten alle Tiden mit Ausnahme der gesuchten eliminiert sind, nicht zu, es bleibt vielmehr ein kleiner Einflufs der andern übrig, welcher durch Rechnung nachträglich entfernt werden mufs. Vorschriften hierfür finden sich in dem Nachtrag zu der erwähnten Schrift und in weiterer Ausführung in der Einleitung zum Band II des S. 557 erwähnten Polarwerks bei der Bearbeitung der Gezeiten in Kingua-Fjord und Süd-Georgien.

Literatur.

Laplace, P. S., Traité de mécanique céleste. Tome II, livre 4, Tome 5 livre 13.
— Exposition du système du monde. Chap. XI.
Lubbock, J. W., Elementary treatise on the tides. London 1839.
Airy, G. B., Tides and waves. Encyclopaedia metropolitana.
Ferrel, W., Tidal researches. Washington 1874.
Reports of the committee for the purpose of promoting the extension, improvement and harmonic analysis of tidal observations in: Report of the British association 1868, 1870, 1871, 1872, 1876 und 1878.
Lentz, H., Von der Flut und Ebbe des Meeres. 1873.

Lentz, H., Ebbe und Flut und die Wirkung des Windes auf den Meeresspiegel. 1879.
Reitz, F. H., Wasserstandszeiger.
Reports of the committee for the harmonic analysis of tidal observations in: Reports of the British association 1883, 1884, 1885, 1886.
Hiervon besonders: Report für 1883, welche die vollständige Theorie der harmonischen Analyse von G. H. Darwin enthält.
Darwin, G. H., The Tides and kindred phenomena in the solar system. London 1898.
— Flut und Ebbe sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Leipzig 1903.
Börgen. Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen. 1885. (Separatabdruck aus den „Annalen der Hydrographie" für 1884.)
— Gezeitenbeobachtungen zu Kingua-Fjord und Süd-Georgien in: Die internationale Polarforschung 1882—1883. Beobachtungsergebnisse der deutschen Stationen. Bd. II, Einleitung, enthält die Vorschriften für die Behandlung kurzer Beobachtungsreihen.
— Über eine neue Methode, die harmonischen Konstanten der Gezeiten abzuleiten. (Annalen der Hydrographie. 1894.)
— Ableitung der harmonischen Konstanten der Gezeiten aus drei täglichen Wasserstands-Ablesungen zu bestimmten Stunden, nebst Bearbeitung dreijähriger Beobachtungen zu Kamerun (Methode von Dr. van der Stok). (Annalen der Hydrographie. 1903.)
— Die Gezeitenerscheinungen im Englischen Kanal und dem südlichen Teile der Nordsee. (Annalen der Hydrographie. 1898.)
— Die Gezeitenerscheinungen im Irischen Kanal. (Annalen der Hydrographie. 1894.)

Allgemeine Meeresforschung.

Von

O. Krümmel.

(Hierzu eine Karte der Meeresströmungen.)

Wie die meisten andern Beiträge zu dieser Anleitung, so ist auch der vorliegende im wesentlichen dazu bestimmt, dem einzelnen Reisenden Fingerzeige zu geben, wie er unterwegs, in diesem Falle also auf mehr oder weniger ausgedehnten Seereisen, für die Wissenschaft förderlich arbeiten könne. Doch erweitert sich der Kreis der vom Verfasser ins Auge gefaſsten Interessenten noch in der Richtung, daſs der praktische Seemann auf seinem Dampf- oder Segelschiff oder vielleicht auch der Besitzer einer gröſseren Yacht auf seinen Kreuzfahrten gewisse Anregungen empfangen können, wie sich eine dargebotene günstige Gelegenheit etwa wahrnehmen lieſse, auch der Wissenschaft zu dienen. An gröſsere wissenschaftliche Tiefsee-Expeditionen oder ähnliche Unternehmungen, die mit einem Stabe zahlreicher Fachmänner in See gehen, oder auch an Kabeldampfer ist hier weniger gedacht; deren Programme und damit im Zusammenhang auch ihre Ausrüstung dürften im einzelnen sehr verschieden und im ganzen viel umfassender ausfallen [1]).

---

[1]) Im voraus bemerkt sei, daſs die meisten der im folgenden beschriebenen Apparate und Instrumente, Methoden und Probleme teils im Handbuch der nautischen Instrumente, herausgegeben vom Reichs-Marine-Amt, Berlin 1890, teils in den Handbüchern der Meereskunde (Boguslawski-Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, 2 Bde., 2. Auflage 1907; Krümmel, Der Ozean, Leipzig und Prag 1902; Schott, Physische Meereskunde, Göschensche Sammlung Nr. 112; Carl Röſsler. Grundzüge der Ozeanographie [für den Unterricht an der k. k. Marine-Akademie], Fiume 1903; Thoulet, Océanographie statique, Paris 1890; Thoulet, L'Océan, Paris 1904) ausführlich behandelt und durch Abbildungen erläutert sind.

1. Tiefenlotung und Bodenbeschaffenheit.

Die zur normalen Ausrüstung eines jeden seegehenden Fahrzeuges gehörenden Handlote und noch mehr das allgemein gebräuchliche Thomsonsche Patentlot ermöglichen manchem Reisenden, schon unter gewissen Umständen neue und wichtige Tatsachen beizubringen, z. B. überall da, wo Lotungen auf den flachen Küstenbänken nur lückenhaft vorliegen. Bei geeignetem Wetter Andeutungen von versenkten Flufstälern in einer Schelfbank oder die äufsere Abböschung eines Korallenriffes oder eines Küstenbruchrandes gegen die Tiefsee hin genauer zu untersuchen, wird eine dankbare Aufgabe sein; sie wird sich noch ergiebiger erfüllen lassen, wenn eine kleine Lucassche Lotmaschine an Bord vorhanden ist, die für Tiefen bis zu 800 m ausreicht und auch von einem Boote aus noch gut mit der Hand bedient werden kann [1]).

Besonders nützlich ist es überall im Flachwassergebiet, noch mehr aber in der Tiefsee, den mit dem Lot aufgeholten Bodenproben Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Handlote bringen allerdings nur geringe Mengen davon in ihrer mit Talg ausgestrichenen Höhlung herauf. Schlammgrund wird meist sehr gut erhalten mit Hilfe der sogen. Bachmannschen Röhren (gufseisernen Röhren mit eingeschraubtem Kugelventil am oberen Ende), die auch auf Dampfern leicht mit Bordmitteln hergestellt werden, wenn man einen Vorrat von gewöhnlichen Gasleitungsröhren mitnimmt [2]). — Will man die Schichtung des weichen Bodens deutlich erkennen, so empfiehlt es sich, eine doppelte Röhre zu benutzen, von der die innere in der Länge halbiert und zusammengebunden in die äufsere, als Schutzhülse dienende hineingeschoben wird. Nach dem Aufholen streift man die Schutzröhre ab und legt die Hälften der Innenröhre auseinander. Bei Verwendung entsprechend schwerer Gewichte kann man für den Gebrauch in weichen Böden auch bei Tiefseelotungen die Länge dieser Röhren bis 80 cm steigern.

Sehr empfehlenswert ist auch die von J. Y. Buchanan angegebene Lotröhre; sie liefert mit ihrem Schlammstecher eine 25 cm lange Schlammprobe und mit dem darüber an-

---

[1]) Diese leichten und doch festen kleinen Maschinen sind von der Telegraph Construction and Maintenance Co. in East Greenwich. S. E. zu beziehen (Preis ca. 500 Mark).

[2]) Muster liefert u. a. der Mechaniker der deutschen Seewarte in Hamburg; die Kugel des kleinen Ventils kann auch aus Hartblei gegossen werden.

gebrachten, durch zwei Ventile von Gummiplatten verschliefsbaren, zylindrischen Schöpfrohr eine reichliche Probe des unmittelbar über dem Boden liegenden Wassers, hat aufserdem eine in zwei Phasen wirkende Abfallvorrichtung für das Lötgewicht, das erst beim Aufholen wirklich abgeworfen wird[1]).

Handelt es sich um lockeren, sandigen oder kiesigen Grund, so wird es schwierig, reichliche Proben zu erhalten: die ausgestochenen Massen fallen gewöhnlich beim Aufholen der Röhre trotz Kugelventils wieder heraus. Andere Vorrichtungen, wie Schnapplote oder Trichterlote (spitze Kegel, deren Höhlung durch eine darüber fallende Glocke verschlossen werden), halten auch nicht dicht, sobald sich nur ein Steinchen einklemmt. Mit Recht hat daher Thoulet empfohlen, sich in solchen Fällen eines kleinen Dredgesackes zu bedienen, den man am Grunde einige Minuten schleppt, wonach meist eine reichliche Bodenprobe zu erzielen ist. Der Sack ist mit einem geknoteten Netz gegen äufsere Beschädigung zu schützen; er darf nicht aus zu dichtem Stoffe bestehen, damit das Wasser noch gut hindurchfiltrieren kann, ohne jedoch auch wieder die feineren Schlammteile in erheblichen Mengen mitzunehmen.

Wo eigentlich ozeanische Tiefen, also von 1000 m und mehr, in Betracht kommen, wird das Loten eine umständliche Aufgabe, die von Anfang an vorbereitet werden mufs, und wo ohne besondere Tieflotmaschine ein Erfolg nicht erzielt werden kann. Die von Lucas konstruierte gröfsere Lotmaschine (im Preise von 1000 Mk.) erfordert den geringsten Raum und wird sich ohne grofse Kosten mit einem kleinen Dampf-, Elektro- oder Petroleummotor vervollständigen lassen. Am Klavierdraht kann aufser dem Tieflot ein leichteres Thermometer oder ein kleiner Wasserschöpfer befestigt werden. Mehr Raum an Bord erfordern die Lotmaschinen von Sigsbee und Leblanc; sie dürften wohl nur auf Expeditions- oder Vermessungsdampfern eingebaut werden, und hierüber wie über Herrichtungen für Tiefseefischerei oder Planktonfänge, wo gröfsere Vorräte an stärkeren und schwächeren Drahtseilen auf schweren Rollen und starke Dampfwinden zu ihrer Bedienung vorgesehen werden müssen, sind die unten[2]) verzeichneten Werke nachzusehen,

---

[1]) Zu beziehen von James Milne & Son, Milton House Works, Edinburgh. Preis 150 Mark.

[2]) Sigsbee, Deep Sea Sounding and Dredging, Washington 1885. — Hensen, Ergebnisse der Plankton-Expedition, B. Methodik. Kiel und Leipzig 1893. — H. D. Wilkinson, Submarine Cable Laying and Repairing, London 1896. — Z. L. Tanner, im Bulletin U. S. Fish Commission vol. 16, Washington 1897 (Beschreibung des

die auch Ratschläge für die Behandlung des Drahtes, der Bremse, die Schiffsmanöver während der Lotung usw. bringen. Die gröfste Schwierigkeit und Fehlerquelle für die Tiefenlotungen bildet immer die Abtrift des Drahtes. Treibt das Schiff frei, ohne dafs es durch Manöver mit Schraube und Ruder auf dem Platz gehalten wird, so steht der Draht schräg weg, und da man die Kurve des Drahtes in der Tiefe nicht zu beurteilen vermag, helfen auch die bestgemeinten Korrektionsrechnungen wenig, auch wenn man den Winkel des Drahtes gegen den Horizont mifst, wozu der von Schott im Valdiviawerk beschriebene Zeifssche Neigungsmesser dienen kann.

Die Tiefen durch Registrierung des Wasserdrucks auch bei Hochseelotungen zu bestimmen, ist anscheinend noch nicht einwandfrei gelungen. Der Rungsche Universaltiefenmesser [1]) benutzt die beim Hinablassen komprimierte Luft, von der in der Tiefe ein kleines Volum in einer Metallkammer von wenigen Kubikzentimetern Inhalt eingeschlossen wird, um sich beim Aufholen in eine graduierte Meßröhre hinein auszudehnen; hierbei aber treten Störungen dadurch ein, dafs die atmosphärische Luft in der Metallkammer durch Abkühlung (im Bereiche der sehr niedrig temperierten Wasserschichten) die in ihr enthaltene Feuchtigkeit kondensiert und durch diesen Niederschlag das Luftvolum zu klein wird. — Wie weit die von Schäffer und Budenberg in Buckau-Magdeburg konstruierten Tiefseemanometer praktisch brauchbar sind, bedarf noch systematischer Prüfung.

Tiefankervorrichtung. Für die meisten physikalischen Aufgaben der Tiefseeforschung (Messung der Temperaturen, Schöpfen von Wasserproben, Messung von Unterströmen; Planktonzüge usw.) ist es erwünscht, das Schiff nicht frei treiben zu lassen, sondern es womöglich vor Anker zu legen. Die für mäfsige Tiefen (800—1000 m) erforderlichen Einrichtungen können einfacher sein als für die eigentlich ozeanischen Tiefen, wo das komplizierte Geschirr in Betracht kommt, dessen sich Pillsbury [2]) bei seinen Arbeiten im westindischen Golfstromgebiet bediente. Der deutsche Forschungsdampfer „Poseidon" ankert bei gutem Wetter in der norwegischen Rinne in Tiefen von 500 m mit zwei hintereinander geschäkelten Warpankern an einer armdicken Hanftrosse der 2½fachen Länge der Wassertiefe, wobei die Trosse über eine entsprechende im Bug eingebaute starke Rolle läuft und von der starken Fischereiwinde eingeholt wird. — Freitreibende Schiffe legen sich mit dem Kiel parallel zu den Wellenkämmen und beginnen dann heftig zu rollen, wodurch alles wissenschaftliche Arbeiten erschwert wird, abgesehen von den Fehlern, mit denen die Abtrift alle Tiefenbestimmungen für versenkte Instrumente und Netze belastet.

„Albatross"). — G. Schott, Wissensch. Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition. 1. Bd. Ozeanographie und maritime Meteorologie. Jena 1902.

[1]) Beschreibung: Annalen der Hydrographie 1899, S. 418; vergl. 515.

[2]) Beschreibung nach U. S. Coast & Geod. Survey Rep. 1890, App. Nr. 10 in Annal. der Hydr. 1896, S. 279.

Untersuchung der Bodenproben. Der mineralogisch vorgebildete Reisende wird zwar die erhaltenen Bodenproben an Ort und Stelle sofort bestimmen (s. die folg. Seite), aber trotzdem ist ratsam, jede Probe für sich entweder zu trocknen (auf einem Teller an der Luft oder im Maschinenraum) und dann in Beutelchen von dichtem Stoffe aufzubewahren, oder aber sie unter Alkohol in Flaschen zu konservieren, so dafs sie zu späterer Analyse im Laboratorium dienen können.

Hat man lange Schlammsäulen erhalten, so versäume man nicht, etwaige Schichtungen nach Farbe und Zusammensetzung (mineralische und organische Teilchen) nach dem frischen Befunde genau zu beschreiben und die senkrechte Reihenfolge zu notieren und die einzeln konservierten Sektionen zu numerieren. — Gröfsere organische Körper oder Mineralien gewinnt man durch Abschlämmen oder Dekantieren, nachdem man die Masse mit reichlichem Wasser vorsichtig geschüttelt hat; bespült man die Objekte mit Alkohol und läfst diesen abdunsten oder abbrennen, so steht der weiteren Untersuchung mit der Lupe oder dem Mikroskop nichts mehr im Wege. Unter den in getrocknetem Zustande weifs erscheinenden Organismen sind die Globigerinen und Pteropoden die wichtigsten. Die Globigerinen messen zumeist weniger als 1 mm, die Pteropoden sind gröfser, aber dünnschaliger. Kieselige Gehäuse von Diatomeen oder Gerüste von Radiolarien sind unter dem Mikroskop an ihrer Durchsichtigkeit bei grofser Schärfe der Umrisse leicht zu erkennen. Wird die Grundprobe mit einer 10 %igen Salzsäurelösung behandelt, so löst sich der kohlensaure Kalk auf, und es bleibt ein Rest von Mineralteilchen zurück: der Bruchteil des kohlensauren Kalkes am Gesamtgewicht einer Grundprobe gehört zu ihren wichtigsten Merkmalen. Unter den Mineralien überwiegen in Landnähe Quarz und Feldspat, in meist abgerolltem Zustande. Reste vulkanischer Auswürflinge verraten sich bald durch dunkle Farben, wenn es sich nicht um Bimsstein handelt oder um glasige Schmelzflüsse. Die reichlich in den gröfseren Tiefen auftretenden Braunsteinbeimengungen lösen sich, mit konzentrierter Salzsäure in eine Porzellanschale zusammengebracht und erwärmt, zu einer schwarzbraunen Flüssigkeit auf. — Gröbere Mineralteile in den sandigen oder kiesigen Küstenablagerungen sind durch Absieben nach den Ratschlägen von J. Thoulet[1]) zu klassifizieren, was aber am besten im Laboratorium erfolgt.

---

[1]) Annales des Mines, April 1900.

Nach Sir John Murray unterscheidet man zwei Hauptarten von Tiefseesedimenten: die terrigenen oder Küstenablagerungen, und die pelagischen oder Hochseeablagerungen.

Die Küstenablagerungen sind Zerstörungsprodukte des benachbarten Festland- oder Inselgesteins und von dessen mineralischer Zusammensetzung sehr wesentlich abhängig. So wird man in der Nähe von Korallenbänken die Reste und Trümmer der die Riffe aufbauenden Organismen wiederfinden (Korallen, Kalkalgen, Molluskenschalen, Wurmröhren, Echinodermenstacheln, Foraminiferengehäuse usw.); in den geringeren Tiefen hat das Sediment ein sandiges Aussehen (Korallensand), in gröſseren Tiefen bis 3300 m wird es ein feiner Schlamm, der meist rosa gefärbt ist und schlieſslich in noch gröſseren Tiefen in den Globigerinenschlamm der Tiefsee übergeht. Der Korallenschlamm hat gewöhnlich mehr als 85% kohlensauren Kalk. — In der Nähe ozeanischer Vulkaninseln bis 5000 m hinab überwiegen tonige Zersetzungsreste der vulkanischen Auswürflinge; die Farbe dieses vulkanischen Schlicks ist grau, braun, schwärzlich. In flacheren Lagen sind Organismenreste (Globigerinen, Pteropoden, Coccolithen, Rhabdolithen) darin erkennbar. — In der Nachbarschaft kristallinischer Küsten herrschen blaue, grüne oder rote Schlickbildungen. — Blauer Schlick bedeckt nicht nur die Randzonen auſserhalb der Schelfplatten, sondern auch meist die abgeschlossenen Mulden der Mittelmeere. Die Schlammröhren zeigen gewöhnlich zu oberst eine dünne rötliche oder bräunliche Schicht (erzeugt durch Ferrioxyde), während die tiefere Masse durch schwefelhaltige Zersetzungsprodukte von organischen Körpern blaugrau oder blauschwarz gefärbt ist, wie sie auch nicht selten nach Schwefelwasserstoff riechen. — Grüner Schlick ist reich an kalkigen Beimengungen organischer Abkunft und hat seine Farbe von den darin gebildeten Glaukonitkörnern. — Roter Schlick kommt namentlich vor den Küsten von Brasilien und Guayana, aber auch in den Tiefen der ostchinesischen Gewässer zur Ablagerung und ist durch den rotbraunen oder ziegelroten Schlamm der groſse Lateritflächen entwässernden Ströme gefärbt; er ist arm an kohlensaurem Kalk (meist nicht über 40%), dafür reicher an Quarzsand. —

Die pelagischen oder Tiefseeablagerungen sind entweder organischen Ursprungs oder bestehen aus amorphem, feinem Ton.

Der Globigerinenschlamm, weiſslich bis milchig gelb, rosig, bräunlich oder hellgrau gefärbt, besteht vorzugsweise aus den mehr oder weniger zertrümmerten Schalen von Globigerinen, ist also ein Produkt des Planktons (s. d. Artikel von Dr. Apstein über Planktonforschung). In getrocknetem Zustande liefert dieser Schlamm ein lockeres Pulver. Unter mäſsiger Vergröſserung betrachtet sind darin nicht nur die kalkigen Gehäuse der Globigerinen, sondern auch der pelagisch lebenden Mollusken (Pteropoden, Heteropoden), Coccosphaeren und Rhabdosphaeren erkennbar, sondern auch Reste von Echiniden und Polyzoen. In geringerem Betrage finden sich auch Schalen von bodenbewohnenden Foraminiferen. Der Gesamtgehalt an kohlensaurem Kalk ist selten unter 50, oft beinahe 100%. Kieselige Beimengungen (von Radiolarien, Diatomeen, Spongien herrührend) fehlen zwar selten, überschreiten aber nie ein paar Prozent, ebenso wie die mineralischen Beimengungen (meist vulkanischer Art). Werden die Pteropoden- und Heteropodenreste reichlicher (20–30% des Ganzen), so spricht man von Pteropodenschlamm. Beide Bildungen gehen nur selten in mehr als 3500 m Tiefe hinab. Das-

selbe gilt auch vom Diatomeenschlamm, der sich durch stroh- oder rahmgelbe Färbung auszeichnet und getrocknet ein lockeres Mehl liefert, das an den Fingern haftet: er besteht wesentlich aus den Frustulen der toten Diatomeen, mit geringer Beimengung von Schalen pelagischer Foraminiferen oder auch von Mineralien. Besonders typisch ist der Diatomeenschlamm für die höheren südlichen Breiten im Bereiche des Treibeises; die örtlichen Bedingungen, unter denen er dort nicht selten von der terrigenen Glazialformation verdrängt oder überdeckt wird, bedürfen noch der Aufklärung.

Die gröſseren ozeanischen Tiefen (von 4000 m und mehr), also mehr als die Hälfte der ozeanischen Bodenflur wird eingenommen von der Formation des roten Tiefseetons. Seine Färbung wechselt in den verschiedensten Nuancen von rot; am häufigsten ist sie schokoladenbraun, seltener grau oder bläulich; dabei pflegt die oberste Schicht blasser zu sein. Der Ton selbst ist sehr zähe und bindig, klebt fest an den Fingern und wird nach dem Trocknen steinhart. Organische Reste sind immer nur ganz spärlich vertreten, meist schlecht erhaltene Globigerinen oder Radiolarien; werden die letzteren aber häufiger (40—60 % der Masse), so spricht man von Radiolarienschlamm. Der Tiefseeton zeigt unter dem Mikroskop Fragmente von Bimsstein und andern vulkanischen Auswürflingen und wird von Murray auch als bloſses Zersetzungsprodukt solcher betrachtet. Als nebensächliche Beimengungen treten Meteor- und Magneteisenteilchen auf, und namentlich Braunstein in Körnchen oder in Krusten über allerhand Fremdkörpern, wie Haifischzähnen und Gehörknöchelchen von Walen oder Schildkröten, die bis zu faustgroſsen Knollen in Gestalt von Riesenbrombeeren anwachsen und oft über viele Hunderttausende von Quadratkilometern verstreut liegen können (wie im zentralen Stillen Ozean). Sekundäre Mineralbildungen (Phillipsite und andere Zeolithe) finden sich nicht selten. Bemerkenswert ist die Geringfügigkeit aller kalkigen Beimengungen (meist stark unter 10 %); die Hauptmasse ist nichts als amorpher Ton, dessen Entstehung keineswegs als ganz aufgehellt gelten darf. Sir Wyville Thomson wollte den roten Ton lediglich als Zersetzungsrest des Globigerinenkalks auffassen, also als eine der terra rossa der festländischen Kalkformationen ähnliche Bildung; Sir John Murray aber bestreitet dies lebhaft. Beobachtungen aus den Übergangsregionen vom Globigerinenschlamm zum roten Ton sind darum sehr erwünscht, namentlich auch Schlammwasserproben aus den betreffenden Bodenschichten und einwandfrei geschöpfte Wasserproben unmittelbar über dem Boden und darauf gegründete Gasanalysen (s. unten).

2. Messung der Temperaturen.

Wie schon Humboldt wiederholt ausgesprochen hat, gehört es zu den vornehmsten Aufgaben des reisenden Physikers, überall da, wo er aus dem Binnenlande kommend den Meeresstrand betritt, die Temperatur des Seewassers mit dem Thermometer zu messen. So einfach diese Aufgabe ist, wie selten ist sie doch befolgt worden! Noch heute ist es erwünscht, von den Westküsten des tropischen Afrika oder Amerika sorgfältige Bestimmungen der Meerestemperaturen zu erhalten;

namentlich werden beim Aus- oder Einlaufen in die dortigen Häfen gemessene Temperaturen meist auffällig genug zeigen, dafs das Seewasser näher unter Land merklich kälter sein kann als weiter in See (man messe hier in kurzen Abständen). Natürlich sind länger durch verschiedene Monate und Jahre fortlaufende Reihen solcher Beobachtungen ungleich wertvoller als vereinzelte gelegentliche Messungen.

Gute Thermometer (aus den volumbeständigen Jenaer Gläsern) mit einer Teilung, die das Abschätzen der Zehntelgrade sicher gestatten, sind heute leicht erhältlich; solche mit Papierskala und oben zugeschmolzener Schutzröhre sind billiger und auch weniger zerbrechlich als die mit Milchglasskala versehenen. Regelmäfsig während einer längeren Seereise durchgeführte Messungen der Oberflächentemperaturen sind aus entlegeneren Meeren stets erwünscht. Wo an Bord kein meteorologisches Journal für die Seewarte geführt wird, kann alsdann auch der einzelne Reisende etwas Nützliches tun, indem er regelmäfsig mehrmals täglich Wasser aufschöpfen läfst; es geschieht dies gewöhnlich mit einem Segeltucheimer (sogen. Admiral), und es kommt vor allem darauf an, dafs der Eimer eine Zeitlang nachgeschleppt und dann erst ein oder einige Male gut ausgespült wird, damit seine eigene Temperatur die des Seewassers nicht ändere. Man liest die Temperatur an einer schattigen Stelle ab. Die mit kleinem Schöpfgefäfs von Metall oder mit einer Pinselhülle um die Quecksilberkugel versehenen Wasserthermometer sind für die Ablesung sehr bequem, aber auch entsprechend teuer [1]).

Um Temperaturen in den Tiefen zu messen, sind besondere Thermometer erforderlich. In den Tropenmeeren, wo die Temperaturen von der Oberfläche nach dem Boden hin regelmäfsig abzunehmen pflegen, kann man sich der älteren Indexthermometer (Maximum- und Minimumthermometer nach Six) stets mit Vorteil bedienen und sogar öfter wohl mehrere davon in bestimmten Abständen voneinander mit dem Lotdraht versenken; sie erfordern eine erhebliche Anpassungszeit (meist 7 Minuten) und müssen beim Aufholen möglichst vor Erschütterungen bewahrt bleiben, da sich der Index sonst verschiebt. In den kühleren und kalten Meeren mit ihrer oft recht komplizierten Wärmeschichtung bedient man sich dagegen

[1]) Wasserthermometer mit vernickeltem Schöpfgefäfs, Milchglasskala und feiner Teilung ($^1/_{10}{}^0$) liefert die Firma C. Richter in Berlin N, Johannisstrafse 15/16, in vorzüglicher Ausführung (Preis 16 Mark); einfache Wasserthermometer mit Papierskala die Firma Ludwig Steger in Kiel (Preis 3 Mark, Fabrikant ist Dr. Küchler in Ilmenau).

der Kippthermometer, die, mit der Quecksilberkugel normal nach unten gerichtet hinabgelassen, in der gewünschten Tiefe zum Umkippen gebracht werden, so dafs dann die Quecksilberkugel nach oben hin liegt, wobei durch eine geeignete Vorrichtung der Quecksilberfaden abreifst; die Temperatur läfst sich aus der Länge des abgerissenen Fadens ablesen. Um das Umschlagen zu erzielen, kann man sowohl ein röhrenförmiges Gewicht am Draht entlang in die Tiefe schicken und damit eine Aufhängung lösen, oder man verwendet eine kleine Flügelschraube, die sich beim Hinablassen in die Tiefe festlegt, beim Aufholen aber in Drehung versetzt und die Aufhängung löst, so dafs das Thermometer umkippt. Im letzteren Falle ist besonders darauf zu achten, dafs die Lauflänge der Flügelschraube nicht zu kurz eingestellt ist, da sonst die Bewegungen des Schiffes in starkem Seegang leicht eine vorzeitige Auslösung hervorrufen. Die Kippthermometer besitzen für die tropischwarmen Gewässer den Nachteil, dafs beim Aufholen aus der Tiefe Quecksilber aus der nun oben stehenden Kugel nachfliefsen und nach Füllung des hierfür angebrachten Sicherungssäckchens noch in die Fadenröhre hinabrinnt, wodurch die Temperaturmessung falsch wird. In allen Meeren, wo die Differenzen zwischen der wärmsten und kältesten zu durchlaufenden Schicht 20° übersteigen, bediene man sich ausschliefslich der Indexthermometer [1]).

Für den sehr häufigen Fall, dafs die Thermometer an einer Drahtleine versenkt werden, ist zu beachten, dafs solche lose im Wasser hängende Leinen die Neigung haben, in Rotation zu kommen (die einzelnen Litzen suchen sich gegen den Drall aufzudrehen); die bei lebhafterer Drehung auftretende Zentrifugalkraft kann so stark werden, dafs auch gut an der Leine verschraubte Instrumente abgeschleudert werden und ganz verloren gehen, oder dafs die Flügelschraube das Umkippthermometer zur Unzeit auslöst. Man soll daher beim Aufspulen der Leine darauf achten, dafs ihr Drall nicht die

[1]) Die Indexthermometer, für Tiefseebeobachtungen hergerichtet, sind von Londoner Firmen zu beziehen (L. Casella London E. C. 147 Holborn Bars, oder J. Hicks, London E. C. 8—10 Hatton Garden), die Kippthermometer von Negretti & Zambra in London E. C. (38 Holborn Viaduct) in kräftiger oder von C. Richter in Berlin N. in feiner Ausführung. Die von Chabaud in Paris hergestellten Kippthermometer stehen an Qualität den deutschen und englischen nach. Der Preis eines Instrumentes beträgt 40—50 Mk., der Rahmen mit der Kippvorrichtung je nach Ausstattung 60—80 Mk. Eine Beschreibung der modernen Kippthermometer gibt Dr. F. Grützmacher in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1904, September.

Flügelschraube in Gang setzt, wenn sich die Leine frei im Wasser hängend gegen den Drall aufdreht.

Ein weiteres Hilfsmittel, um die Temperatur in der Tiefe zu messen, gewähren die wärmeisolierenden Wasserschöpfapparate. Schon Lentz verwendete auf seiner Weltumsegelung (1823—26) einen solchen in Gestalt einer mit Ventilklappen versehenen und rings durch dicke Schichten von Pech, Werg und Segeltuch gegen Wärmeleitung unempfindlich gemachten Tonne, und ihm ist Makarof auf seiner Weltumsegelung an Bord des Witjas (1886—89) gefolgt; er hat auch durch eine sehr sorgfältige Diskussion der dabei vorhandenen Fehlerquellen recht zuverlässige Temperaturen bis etwa 800 m hinab erhalten. Eine viel bequemere Form für einen solchen Apparat haben dann F. L. Ekman, O. Pettersson und zuletzt Fr. Nansen, einer den andern verbessernd, gefunden; sie benutzen mehrfach ineinander geschaltete Zylinder von Hartgummi [1]) und vermögen mit sehr fein geteilten Thermometern die Temperatur des in der Tiefe eingeschlossenen und so aufgeholten Wassers angeblich bis auf 0,02° genau zu messen. Voraussetzung aber ist, dafs das Aufholen rasch genug geschehen kann, also die Tiefen nicht über 800 m betragen, und dafs die Temperaturen der durchlaufenen Schichten um nicht mehr als 15° verschieden sind. Nansen hat die Fehlerquellen in seinem grofsen Werk über die Ozeanographie des Nordpolarbeckens ausführlich untersucht; E. v. Drygalski macht aber neuerdings darauf aufmerksam, dafs die im Seewasser suspendierten Gase in der Tiefe bekanntlich unter sehr starkem Druck (mit je 10 m Tiefe wächst der Druck rund um 1 Atmosphäre) im Wasserschöpfer eingeschlossen werden, und dafs die beim Aufholen eintretende Druckentlastung und Volumvergröfserung der Gase deren Temperatur und damit auch die des eingeschlossenen Wassers erniedrigen mufs, wie denn Drygalski in der Tat mehrfach bemerkt hat, dafs auch in wärmeren Meeren die im Petterssonschen Apparat gemessene Temperatur niedriger war als die in derselben Schicht mit Tiefseethermometern registrierte. Doch ist auch diese Fehlerquelle an sich klein und einer Korrektionsrechnung zugänglich.

Die Messung von Tiefentemperaturen auf elektrischem Wege begegnet noch immer gewissen Schwierigkeiten. Zwar ist die von Knudsen angegebene Anordnung der Wheatstoneschen Brücke mit Telephoneinstellung besser als die älteren

[1]) Zu beziehen von L. M. Ericsson & Co., Actiebolaget, Stockholm N.; Preis 280 Mk. Die Thermometer liefert genau passend C. Richter in Berlin N.

Konstruktionen, aber auch sie wird, wie alle früheren, wesentlich nur in flachen oder stromlosen Meeresteilen Verwendung finden, da die unentbehrlichen Leitungskabel beim Versenken auch im schwachen Strom seitlich weit abtreiben, so dafs man die tatsächlich erreichte Tiefe zuverlässig nicht angeben kann. Eine Kombination dieser Vorrichtung mit einer die Wassertiefe auf manometrischem Wege messenden dürfte etwas besseren Erfolg versprechen.

Wenn man in bestimmten Abständen vollständige Reihentemperaturen mifst, so werden folgende Tiefen empfohlen: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500 usf. Jeder Temperatursprung soll dabei durch zwischengelegte Messungen untersucht werden.

Besonders wichtig sind die Bodentemperaturen, die man meist zugleich mit der Tieflotung erhalten kann, indem man mehrere Meter über dem Lot ein Thermometer befestigt. Die Temperatur der untersten Schicht der offenen Ozeane gestattet Schlufsfolgerungen über das Relief des Meeresbodens, indem abgeschlossene Tiefenmulden die Temperatur der tiefsten Stelle in der Randschwelle zu haben pflegen, also unterhalb dieses Schwellenniveaus mit homothermem Wasser erfüllt sind. Bei normaler Anordnung nehmen die Temperaturen in den warmen Meeren von der Oberfläche bis zum Boden hin regelmäfsig ab, zunächst langsam, dann in Tiefen von 30 m an, öfter auch erst von 100 m ab, auf eine kurze Strecke sehr rasch (ozeanische Sprungschicht, mit meistens 1^{0} auf $1^{1}/_{2}$ bis 12 m Tiefendifferenz abfallend), dann wieder langsamer bis etwa 800 m und von da sehr langsam bis zum Boden. Die genauere Lage der Sprungschicht in den tropischen Meeren verdient besonders sorgfältig aufgesucht zu werden. Nächstdem bieten die Nebenmeere der höheren Breiten und die vom Treibeis beeinflufsten Meeresteile Interesse durch ihre oft sehr komplizierte Wärmeschichtung.

3. Untersuchung des Seewassers nach Salz- und Gasgehalt.

Beobachtungen des Salzgehaltes sind nicht blofs aus den entlegeneren tropischen oder polaren, sondern aus allen Meeren sehr erwünscht; sie sind leider bei den Seereisenden anscheinend wenig beliebt, obwohl keineswegs schwierig auszuführen, wenn nur ein wenig Sorgfalt angewandt wird. Wie sehr unsre Kenntnisse in dieser Hinsicht der Besserung bedürfen, mag aus der einen Tatsache entnommen werden, dafs über den Salzgehalt der westindischen Gewässer, insbesondere des Golfs von Mexiko, aus dem der Florida- oder Golfstrom

hervorkommt, noch immer nichts Zuverlässiges bekannt ist, da die zahlreichen amerikanischen Messungen ersichtlich zu hoch sind, aber niemand sagen kann, um wie viel.

Wasserproben von der Meeresoberfläche schöpft man in derselben Weise, wie bereits für die Messung der Oberflächentemperatur angegeben; um etwaige alte Salzreste aus dem Eimer zu entfernen, ist gründliches Ausspülen mit dem zu schöpfenden Wasser unumgänglich und sollte mehrere Male nacheinander geschehen. Manche scheinbaren Unregelmäfsigkeiten in der Verteilung des Salzgehaltes an der Oberfläche, die ältere Beobachter vermerken, sind lediglich auf die Mifsachtung dieser einfachen Regel zurückzuführen.

Wasser aus bestimmten Tiefen heraufzuholen, ist schwieriger und kann ebenso wie die Temperaturmessung nur vom stehenden oder verankerten Schiffe aus geschehen. Für geringere Tiefen bis zu 30 m bedient man sich der alten Meyerschen Stöpselflasche, die leicht an Bord herzustellen ist; sie mufs nach Gebrauch gut mit Frischwasser ausgespült werden und austrocknen. Für die gröfseren Tiefen sind aufser dem bereits beschriebenen Wasserschöpfapparat von Pettersson-Nansen noch die Modelle von H. R. Mill[1]) und J. Y. Buchanan[2]) zu empfehlen. Für beide ist eine Auslösung des Verschlusses in der Tiefe durch Abfallgewicht vorgesehen; für Pettersson-Nansen daneben noch eine Propellerauslösung. Für die kleineren Schöpfapparate von Sigsbee (700 ccm) und Richard-Monaco (400 ccm) ist nur Propellerauslösung vorgesehen. Beim Sigsbeeschen Apparat[3]) kommt sehr viel auf die technische Ausführung an, insbesondere dürfen die beiden fest miteinander verbundenen Ventile nicht zu schwer gearbeitet und die Spielhöhe der Ventile nicht zu niedrig bemessen sein, da sie sich sonst bei der Abwärtsbewegung in die Tiefe nicht stetig und hinreichend geöffnet halten, also unterwegs nicht genügend durchspült werden und schliefslich nicht zuverlässig aus der gewünschten Schicht Wasser aufnehmen. Alle diese Apparate müssen nach Gebrauch gut gesäubert werden, damit sich nicht alte Salzreste in toten Winkeln ansammeln.

Die Untersuchung des Salzgehaltes erfolgt stets auf indirektem Wege, d. h. niemals durch Abdampfen eines ge-

---

[1]) Fabrikant: A. Frazer 22 Teviot Place, Edinburgh; Preis 165 Mk.

[2]) Fabrikant: James Milne & Son, Milton House Works, Edinburgh; Preis 220 Mk. Einen dem Nansenschen ähnlichen Schöpfapparat (ohne Wärmeisolierung, aber mit Umkippvorrichtung für Thermometer) liefert der Mechaniker A. Zwickert in Kiel, im Preise von 200 Mk.

[3]) In guter Ausführung von C. Bamberg in Berlin zu beziehen.

wogenen Quantums Seewasser und Auswägen des Salzrückstandes, da sich gezeigt hat, daſs teils Veränderungen und Verdampfungen der Salze bei Erhöhung der Temperatur über 180° vor sich gehen, teils durch das hygroskopische Verhalten einzelner Salzkomponenten das Gewicht nachträglich wieder vergröſsert wird. Man bestimmt also entweder das spezifische Gewicht nach physikalischen Methoden oder den gesamten Chlorgehalt auf chemischem Wege. Die Beziehungen zwischen Salzgehalt, spezifischem Gewicht und Chlorgehalt sind durch Martin Knudsens gründliche Untersuchungen so klar gestellt, daſs es mit Hilfe seiner Tabellen [1]) leicht ist, aus dem einen das zweite oder dritte sofort zu finden. Jedoch ist hierbei der Begriff des Salzgehaltes etwas enger gefaſst als früher, indem alles Brom durch eine äquivalente Menge Chlor ersetzt, alles Karbonat in Oxyd umgebildet und alle organischen Stoffe als verbrannt angenommen werden. Man gibt den Salzgehalt jetzt regelmäſsig in Promille (die Gramme Salz im Kilogramm Seewasser), wobei eine Genauigkeit von $\pm$ 0.02 erstrebt wird.

Das spezifische Gewicht des Seewassers kann an Bord rasch mit dem Glasaräometer bestimmt werden. Aus gutem volumbeständigen Glase angefertigte Aräometer mit Teilung von 0.9990 bis 1.0310 hin sind in Sätzen von 5 oder 10 Instrumenten im Handel; für eigentlich ozeanisches Wasser ist das sogen. Helgoländer Modell (Teilung 1.020 bis 1.029) zu empfehlen [2]). Die Skala gibt das spezifische Gewicht des Seewassers bei 17.5°, bezogen auf destilliertes Wasser von 17.5° als Einheit; für andere Beobachtungstemperaturen benutzt man Knudsens Tabellen zur Reduktion auf 17.5°. Die Teilung geht auf 0.0001, die Ablesung an Bord ist bis 0.00005 leicht möglich. Es ist empfehlenswert, nur solche Aräometer zu benutzen, die vorher mit Normalinstrumenten verglichen sind, da Standkorrektionen im Betrage von $\pm$ 0,0002 bis 0.0003 nicht selten vorkommen. Empfindlicher sind die Gewichtsaräometer nach dem von J. Y. Buchanan auf der Challenger-Expedition zuerst angewandten Modell, jetzt mit sehr klarer Milchglasskala (Rundteilung in Millimetern) und eingeschmolzenem Thermometer erhältlich [3]); sie müssen aber für den Gebrauch fertig gemacht

[1]) Knudsen, Hydrographische Tabellen; Kopenhagen und Hamburg 1901 (Nachtrag 1904).

[2]) Diese von J. Küchler in Ilmenau hergestellten Aräometer sind von Ludwig Steger in Kiel zu beziehen; Stückpreis je 8 Mk. im kleinen, 10 Mk. im groſsen Satz. Steger liefert auch die passenden Meſszylinder und Wasserthermometer.

[3]) Geliefert von C. Richter in Berlin N. aus Borosilikatglas 59III zu verschiedenen Preisen.

werden, indem man ihr Gewicht und Volum genau bestimmt und einen Gewichtsatz von spiralig gewundenem Metalldraht (am besten vergoldet) zum Aufsetzen auf die Spitze des Skalenstengels herrichtet[1]. Man mifst dann mit demselben Aräometer jeden beliebigen Salzgehalt. Natürlich soll man, um etwaige Verluste decken zu können, sich mit Reserveinstrumenten genügend versehen. — Das Aräometer ist bei mäfsigem Seegang noch sehr wohl ablesbar; bei zu heftigem Schlingern des Schiffes empfiehlt es sich, die Messung aufzuschieben und eine genügend grofse Wasserprobe in einer Standflasche (am besten 2 Liter) aufzubewahren, bis die See ruhiger geworden ist.

Aräometer liefern nur bei sehr sorgsamer Behandlung brauchbare Ergebnisse. Erstes Erfordernis ist peinlichste Säuberung nicht nur des Aräometers selbst, sondern auch des Mefszylinders und Thermometers. Man wasche diese gleich nach dem Einkauf mit einer Sodalösung gründlich ab und spüle mit reichlichem Süfswasser wiederholt nach und trockne sie mit einem reinen, nicht fasernden Handtuch. Insbesondere vermeide man, den Skalenstengel mit fettigen Fingern anzufassen. Vor jeder Beobachtung ist das Aräometer zuerst mit einer schwachen Sodalösung, sodann mit reichlichem Süfswasser abzuspülen und dann abzutrocknen; etwa am Glase haftende Fasern sind zu entfernen. Dann ist das ebenfalls gereinigte Thermometer in das etwa 4/5 gefüllte Mefsglas zu bringen und die Temperatur zu notieren, darauf das Thermometer zu entfernen und das Aräometer vorsichtig einzusetzen, wobei man ihm, mit zwei Fingern die äufserste Skalenspitze fassend, eine leichte Rotation gibt. Nachdem es ablesbar geworden, notiere man den Stand und gleich darauf noch einmal die Temperatur im Mefsglase. Das Mittel aus der ersten und zweiten Thermometerablesung ist die Beobachtungstemperatur; je weniger beide Temperaturwerte voneinander verschieden sind, um so zuverlässiger wird die Beobachtung. Ein sauber behandeltes Aräometer zeigt am Skalenstengel eine normal entwickelte Kapillarwelle, und nur wenn diese sich mit ihrem obersten Rand sehr fein und kaum sichtbar an der Fläche des benetzten Stengels emporzieht, ist diese Glasoberfläche richtig gesäubert; andernfalls bleibt die Kapillarwelle niedrig, oder ihr oberer Rand ist ausgefranst, und sie kann dann beim Abwärtsschwingen des Aräometers zeitweilig ganz klein werden. Eine normal entwickelte Kapillarwelle bleibt beim Auf- und Abschwingen des Aräometers gleich grofs. Mangelhaft ausgebildete Kapillarwellen bewirken, dafs das Aräometer zu hohe spezifische Gewichte liefert. — Wichtig ist auch ein genügender Temperaturausgleich zwischen dem Seewasser und dem Aräometer, was bei kaltem Tiefen- oder Polarwasser, das man in tropischer Luftwärme oder im geheizten Laboratorium untersucht, seine Schwierigkeiten hat. Die hierbei benutzten Thermometer sollen möglichst empfindlich und der ganze Wasserinhalt des Mefsglases gleichmäfsig temperiert sein. Die Ablesung des Aräometerstandes erfolgt bekanntlich so,

[1]) Anleitung von Krümmel in den Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen, N. F. Bd. 5, Heft 2, Kiel 1900, S. 30f.

dafs man sich die Kapillarwelle hinweg denkt, sich die Wasseroberfläche durch den scheinbaren Hohlkegel der Kapillarwelle hindurch verlängert vorstellt; langsam mit dem Auge von unten hinaufgehend kann man so die betreffende Stelle der Skala einvisieren. Anfänger, die Stegersche Aräometer benutzen, wollen nicht vergessen, dafs die Bezifferung von oben nach unten wächst.

Bei den Aräometern des Challengertyps mit Millimeterskala und Aufsatzgewichten läuft die Bezifferung der Skala bald nach oben, bald nach unten; man benutze auf jeder Reise nur Instrumente gleichartiger Bezifferung. Ein solches Aräometer liefert sehr genaue Werte, wenn man in derselben Wasserprobe nacheinander vier oder fünf verschiedene Ablesungen dadurch erzielt, dafs man es nacheinander mit Gewichten, die um $^1/_{10}$ Gramm steigen, oder besser: fallen, belastet und hieraus das Mittel nimmt; Voraussetzung für ein solches Verfahren ist, dafs die Temperatur während des ganzen Versuches ziemlich konstant bleibt.

Besonders unempfindlich gegen Schiffsschwankungen und aufserdem vor Störungen der Kapillarität ganz gesichert sind die von Fridtjof Nansen angegebenen Sinkaräometer mit voller Eintauchung ohne Skalenstengel; es gehören immer mehrere zu einem Satz (meist drei), und auch für sie ist es nötig, vorher Volum und Gewicht aufs genaueste zu bestimmen und einen feinen und reichhaltigen Gewichtsatz (von Platin-Iridiumspiralen) zu beschaffen, so dafs die Ausrüstung sehr kostspielig wird[1]).

Nächst der aräometrischen Methode, die sich wegen ihrer Bequemlichkeit an Bord immer erhalten wird, ist das chemische Verfahren, den Chlorgehalt durch Titeranalyse zu bestimmen, am meisten zu empfehlen, besonders an Bord von Expeditionsschiffen, wo sich die erforderlichen, sehr einfachen Einrichtungen leicht treffen lassen. Knudsens Tabellen erleichtern jetzt die Ausführung und Berechnung in einem sehr erfreulichen Grade. Im Laboratorium bietet die Chlortitrierung dann, wenn es sich um die Untersuchung sehr zahlreicher Wasserproben nacheinander handelt, die gröfsten Vorteile vor allen andern Methoden dar; auch an Bord ist ihre Genauigkeit, wenn der Arbeitsplatz gegen das Eindringen von Salzstaub gesichert ist und die Büretten und Pipetten regelmäfsig mit destilliertem Wasser gereinigt werden, sehr grofs; nur auf sehr langen Reisen wird es Schwierigkeiten mit sich bringen, genügende Vorräte von Normalwasser und Silberlösung zu beschaffen. Man sammelt für nachträgliche Titrierung geeignete Wasserproben in Seltersflaschen mit Patentverschlufs, oder wenn man mit Raum sparen mufs, in Medizinflaschen von 200 ccm Inhalt: diese werden mit gut ausgekochten Korken zugestöpselt und numeriert oder mit Anhängeetiketten signiert, auf denen

---

[1]) Zu beziehen von C. Richter in Berlin N.; Preis einschliefslich Gewichtsatz 150—180 Mk. Vgl. Schetelig in Nyt Magaz. f. Naturw. Bd. 39, Kristiania 1901, S. 255.

man Schiffsort, Wassertiefe und zugehörige Temperatur vermerkt. Für Postversand eignen sich Kästen mit einem Einsatz für ein Dutzend solcher Flaschen, wo der Boden und der Deckel mit weichem Filz gepolstert sind und die Höhe des Kastens so bemessen ist, dafs die Flaschen sich nach Schliefsen des Deckels zwischen den Filzlagern festgeklemmt finden.

Derartig konservierte Proben lassen auch im Laboratorium eine Bestimmung des spezifischen Gewichts mit einem Pyknometer zu, wofür die Handbücher der praktischen Physik die genauere Anleitung zu geben pflegen.

Neben diesen Methoden kommen andre, wie die Bestimmung des Brechungsexponenten[1]) oder der elektrischen Leitfähigkeit, die sich beide mit dem Salzgehalt (und der Temperatur) ändern, weniger in Betracht. Die Leitfähigkeit ist bei destilliertem Wasser ganz minimal, wächst bei den geringen Salzgehalten zunächst sehr rasch, bei weiterer Steigerung der Salinität aber langsamer an[2]). Der Brechungsexponent dagegen steht in einem einfachen Verhältnis zum Salzgehalt. — —

Die vertikale Verteilung des Salzgehalts ist in den offenen Ozeanen in denselben Tiefenstufen zu untersuchen, wie vorher (S. 572) für die Temperaturen angegeben. Bedeutsam ist namentlich ein von der deutschen Südpolar-Expedition im brasilischen Becken entdecktes Minimum des Salzgehalts in der Schicht zwischen 400 und 1500 m (meist in 800 m mit 34.3 Promille). Kommt derartiges auch sonst in den Ozeanen der niederen Breiten vor? Läfst sich diese 3° bis 4° warme Schicht auf polare Gewässer zurückführen?

Untersuchung des Gasgehalts. Die vom Seewasser absorbierten atmosphärischen Gase bergen in ihrem Verhalten mancherlei Probleme, die der systematischen Erforschung durch künftige Expeditionen harren. Nur dem chemisch vorgebildeten Reisenden wird die quantitative Analyse der Gase an Bord selbst möglich sein; am einfachsten ist dabei die Bestimmung des Sauerstoffs nach Winklers Methode. Auch Messungen des Stickstoffs und der Kohlensäure sind an Bord möglich, aber immer so umständlich, dafs man meist vorziehen wird, Wasserproben für diesen Zweck zu konservieren und sie nachträglich einem Laboratorium an Land zu übergeben.

Man benutzt dazu zylindrische Röhren von 4—5 cm Durchmesser und 12—15 cm Länge, also 200—300 cbm Inhalt, die an dem einem Ende in eine lange Kapillare, am andern in eine kürzere Spitze auslaufen; sie müssen mit der Luftpumpe sehr sorgfältig evakuiert und dann an beiden Enden zugeschmolzen werden. Indem

---

[1]) Schott im Valdiviawerk a. a. O.

[2]) Ruppin in Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. Bd. 9, Kiel 1906.

man über das Ende der langen Kapillare einen Gummischlauch streift, den man mit dem gröſseren Abfluſshahn des Wasserschöpfers fest verbunden hat, kann man die Kapillare zwischen den Fingern im Schlauch abbrechen; oder man führt beim Pettersson-Nansenschen Wasserschöpfer den Kapillarteil der Röhre durch die Öffnung im oberen Ventil ein, wobei man eine (auch vom Fabrikanten dazu gelieferte) Schere benutzt, die die Kapillare an ihrem untersten Ende abbricht. In beiden Fällen sieht man das Wasser stürmisch in der Röhre aufsteigen und diese ausfüllen bis auf eine kleinere oder gröſsere Luftblase an der kurzen Spitze. Die Röhre, mit dem abgebrochenen, nun offenen Ende der Kapillare nach unten, bringt man in das Laboratorium oder sonst einen windstillen Raum und schmilzt die Öffnung über einem kleinen Spiritusgebläse sofort zu. Die Röhren sind auſsen zu signieren oder durch eine eingeätzte Nummer zu kennzeichnen. Die im Meere überall verbreiteten mikroskopischen Organismen werden nun mit dem Seewasser zugleich in die Röhre eingeschlossen, und sie vermögen die Gase durch ihren Stoffwechsel zu verändern: Pflanzen scheiden Sauerstoff ab, Tiere verbrauchen solchen und vermehren die Kohlensäure; gewisse Bakterien können aus den im Seewasser gelösten Nitraten oder Nitriten freien Stickstoff entwickeln. Deshalb ist es notwendig, die Sammelröhre vor dem Evakuieren zu vergiften, am einfachsten so, daſs ein Sublimatkristall vor Ansatz der Kapillarröhre in den zylindrischen Teil der Röhre mit eingeschlossen wird, worauf nach dem Evakuieren und Zuschmelzen der Röhre das Sublimat durch leichtes Erwärmen zur Verflüchtigung gebracht wird, so daſs es sich an den inneren Wänden feinverteilt niederschlägt.

Einer systematischen Bearbeitung bedarf noch besonders die Frage, ob die im Seewasser suspendierte Kohlensäure (zum Teil frei, zum Teil in Form von Karbonaten und Bikarbonaten gebunden) in den gröſseren Meerestiefen unter 4000 m erheblich zunimmt; wie weit sie an der Ausbildung des Tiefseetons etwa dadurch beteiligt ist, daſs sie die herabsinkenden Kalkgehäuse auflöst; ob sie vielleicht in der Nähe vulkanischer Ausbruchspunkte reichlicher auftritt. —

Sollen Proben für die Messung des in abgeschlossenen Mulden der Mittelmeere (so besonders im Schwarzen Meere) oder der Fjorde auftretenden Schwefelwasserstoffs gesammelt werden, so bediene man sich metallener Wasserschöpfapparate nur dann, wenn sie gut vergoldet sind.

4. Die Durchsichtigkeit des Seewassers.

Daſs groſse Verschiedenheiten in der Durchsichtigkeit des Seewassers vorhanden sind, ist allbekannt. Auch ohne besondere instrumentuelle Hilfsmittel kann ein aufmerksamer Beobachter feststellen, in welchen Meerestiefen noch helle oder farbige Gegenstände am Meeresgrunde erkennbar sind. Natürlich eignet sich das durch den Schiffsverkehr aufgerührte Wasser

belebter Häfen oder Reeden dazu nicht. Namentlich im Gebiete tropischer Korallenbauten aber dürfte zu solchen Untersuchungen häufig Gelegenheit gegeben sein. Beim Loten oder Dredgen in flacheren Meeren heraufgeholte Algen oder Seegräser geben ein weiteres wichtiges Indizium: wenn wir erfahren, dafs im Golf von Neapel festgewachsene Algen noch in 200 m, in den skandinavischen Meeren aber nirgends in mehr als 40 m Tiefe vorkommen, so zeigt dies deutlich die Folgen der verschiedenen Durchgängigkeit des Mittelmeer- und Nordmeerwassers für die Lichtstrahlen.

Immer noch eine einfache und leicht zu handhabende Vorrichtung sind weifslackierte Scheiben, die an einer Lotleine bei stehendem Schiff und ruhiger See versenkt werden, bis sie unsichtbar werden. Seit den Arbeiten von Luksch und Wolff im Mittelländischen Meere gibt man diesen Scheiben einen Durchmesser von 50 oder 45 cm, die man an Bord bequemer unterbringen und bedienen kann als die von Secchi einst benutzten riesigen Segeltuchscheiben von 2 m Durchmesser. Die Sichttiefen sind dann der Durchsichtigkeit des Wassers proportional zu setzen: im östlichen Mittelmeere fand Luksch die gröfsten Sichttiefen mit 55 bis 60 m; in den nordeuropäischen sind solche von mehr als 20 m selten. Man beobachte stets an der Schattenseite des ruhenden Schiffes, wobei natürlich der Schattenkegel des letzteren die Scheibe nicht auch in der Tiefe treffen darf. Ist ein grofser Sonnenschirm, wie ihn die Topographen brauchen, an Bord, so kann man auch an der Sonnenseite die Spiegelung an der Wasseroberfläche hinreichend aufheben. Vorteilhaft ist immer, wenn der Beobachter der Meeresoberfläche möglichst nahe steht, so dafs sich das Auge nicht mehr als 3 bis 4 m über Wasser befindet. Es mufs ferner der Grad der Bewölkung notiert und die Höhe des Sonnenmittelpunkts über dem Horizont (nicht über der Kimm) gemessen werden. Nach stundenlangen wiederholten Beobachtungen im östlichen Mittelmeere fand Luksch die Sichttiefen bei ganz wolkenlosem Himmel deutlich mit wachsendem Sonnenstande zunehmend und bei Sonnenuntergang die Tiefen um 8 bis 10 m kleiner (32 m) als bei 50° Sonnenhöhe (48 m); doch war ein einfaches Verhältnis zwischen Steigen und Fallen der Sichttiefen einerseits und der Sonnenhöhe anderseits nicht vorhanden. Wo Gelegenheit hierzu vorhanden ist, verfehle man nicht, diese Versuche zu wiederholen[1]).

---

[1]) Luksch in Denkschriften der math.-naturw. Klasse der Kais. Akad. der Wiss., Bd. 59, Wien 1900.

Ein letztes Hilfsmittel gewährt die Versenkung photographischer Platten in geeigneten Kassetten, von denen verschiedene Modelle versucht sind[1]). Da das Seewasser die roten Strahlen des Spektrums am stärksten, die blauen, chemisch wirksamen am wenigsten absorbiert, ist es verständlich, dafs man auf photographischen Platten noch in Tiefen von 400 bis fast 500 m im Mittelmeere bei Nizza Spuren von Belichtung erhielt.

5. Die Farbe des Seewassers.

Untersuchungen über die Farbe des Seewassers im reflektierten Licht sind an Bord sehr einfach auszuführen, und man könnte sich eigentlich nur darüber wundern, wie selten das trotzdem geschieht. Schon Humboldt ist auf seiner Überfahrt nach Amerika allen Seereisenden auch in dieser Hinsicht mit musterhaftem Beispiel vorangegangen. Er bediente sich dabei des von Saussure angegebenen Kyanometers, das ursprünglich zur Messung der Himmelsbläue bestimmt war und aus 53 radial am Rande einer Scheibe angeordneten Glasstreifen in den verschiedensten Nuancen von Blau bestand. Seitdem hat wiederum ein Schweizer, F. A. Forel, ursprünglich für die Untersuchung der Binnenseen, ein anderes Hilfsmittel angegeben, das jeder Apotheker oder Schiffsarzt leicht herstellen kann. Es werden zwei Lösungen, eine gelbe und eine blaue, bereitet: für die erste löst man 1 g Kaliumchromat in 199 g Wasser, für die zweite 1 g Kupfersulfat mit 9 g Ammoniak in 190 g Wasser auf. Man mischt dann in kleinen Reagenzgläschen von 1 cm Durchmesser eine Anzahl von Abstufungen vom reinen Blau bis zum satten Grün hin so, dafs die gelbe Lösung der Reihe nach 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 20 Prozent der ganzen Mischung ausmacht. Gut zugestöpselt (oder noch besser: zugeschmolzen), geben sie nebeneinander eine deutliche Stufenfolge für die vorkommenden Meeresfarben. Noch besser entsprechen diese Normalmischungen der Natur, wenn man statt des gelben Kaliumchromats (K_2CrO_4) das orangerote Kaliumdichromat (K_2CrO_7) benutzt. Die Lösungen pflegen übrigens wenig haltbar zu sein und müssen nach einigen Monaten frisch bereitet werden. Für die Beobachtung legt man die Skala auf ein Blatt weifses Papier und vergleicht, nach einer beschatteten und nicht spiegelnden

[1]) Luksch a. a. O.; Fol in Comptes Rendus Acad. Paris 1889, t. 109, p. 323.

Stelle des Wassers aufsenbords blickend, die Färbung. Meist wird man entweder die genau passende Mischung oder eine zwischen den Skalenstufen liegende finden. Man bezeichne sie regelmäfsig nach den Prozentanteilen der gelben Lösung: „Forel 8“ bedeutet also, dafs 8 % Gelb mit 92 % Blau gemischt die zutreffende Färbung vorstellen. Wenn einzelne Reisende hiervon abweichend den Farbenproben fortlaufende Ziffern gegeben haben (also nach der obigen Reihe I bis X), so kann das die Verständigung nur erschweren. — In seltneren Fällen entspricht keine der Farbenproben der Meeresfarbe, indem schiefergraue, milchige oder olivene Färbungen hineinspielen: dann beschreibe man diese Abweichungen in Worten, versäume aber nicht, wenigstens die Grundfarbe (der Maler würde sagen: die Untermalung) gemäfs der Forelschen Skala aufzusuchen. Die komplizierteren von W. Ule und E. v. Drygalski gelegentlich versuchten Skalen[1]), wo die olivenen Färbungen durch entsprechende Zusätze einer dritten, braunen Lösung von Kobaltsulfat (1 g mit 9 g Ammoniak in 190 g Wasser) erzielt werden, sind für ozeanographische Zwecke entbehrlich.

Es empfiehlt sich, neben der Wasserfarbe jedesmal auch die Wassertemperatur, den Salzgehalt und womöglich auch die Durchsichtigkeit zu bestimmen; ein Planktonforscher wird aus dem Auftreten grünlicher Nuancen in der sonst blauen Tropensee auf besonders reichlich entwickeltes Plankton schliefsen dürfen. Die bisherigen Untersuchungen haben es sehr wahrscheinlich gemacht, dafs zwischen der Durchsichtigkeit und der Farbe eine einfache Beziehung besteht: je durchsichtiger das Wasser, desto blauer ist es[2]).

Abnorme Färbungen, wozu schon die erwähnten olivenen und schiefergrauen gehören, besonders aber die milchweifsen, braunen, gelben, pflegen in der Regel auf Beimengung von organischen Körpern (Algen, Diatomeen, Peridineen, Kopepoden, Fischeiern) zu beruhen, was durch Aufnahme einer Wasserprobe und Untersuchung mit Lupe oder Mikroskop leicht festzustellen ist.

6. Beobachtung der Meereswellen[3]).

Die Beobachtung der Meereswellen gehört zu den Aufgaben, die ein aufmerksamer Seereisender leicht ausführen

[1]) Petermanns Mitteilungen 1892, S. 70, 286; 1894, S. 214.

[2]) Krümmel in den Geophysikalischen Beobachtungen der Plankton-Expedition, Kiel und Leipzig 1893, S. 89.

[3]) Literatur: Boguslawski-Krümmel, Handbuch der Ozeanographie Bd. II, Stuttgart 1887, S. 1—101. — G. Schott,

kann, sei es, dafs er allein vorgeht, sei es, dafs er noch andere freiwillige Gehilfen an Bord für diese Sache interessieren kann, was dann die Messungen erleichtert und vervielfältigt. Aber auch an den Küsten sind Arbeiten dieser Art in beschränktem Umfange möglich. Es ist eigentlich zu verwundern, wie selten eines der wichtigsten Grundmafse der Wellen, ihre Periode, am Meeresstrande, z. B. in Seebädern an ozeanischen oder sonst freiliegenden Küstenpunkten, gemessen wird, obwohl jeder im Sekundenzeiger seiner Taschenuhr alles, was an Hilfsmitteln erforderlich ist, jeden Augenblick zur Verfügung hat. Man hört die Schläge der Strandbrandung mit der Uhr in der Hand ab und notiert der Reihe nach die Stände des Sekundenzeigers; hieraus erhält man die Periode τ als die Zeit zwischen je zwei auf den Strand treffenden Wellen. Da die Periode unverändert bleibt, wenn die Wellen von der hohen See auf die Küste zu und schliefslich auf den Strand laufen, hat man in der Wellenperiode τ ein Mafs, um daraus für die auf hoher See in tiefem Wasser vorhandenen Wellen Länge und Geschwindigkeit zu berechnen. Aus der Wellentheorie (s. S. 584) ergibt sich z. B., dafs, wenn am Badestrand von Westerland bei einem Nordweststurm $\tau = 6$ Sekunden ist, in tiefem Wasser die Wellenlänge $\lambda = 103$ m war, oder wenn bei Bournemouth (Poolebucht am Kanal) die mittlere Periode für 139 nacheinander gezählte Wellen 19.35 Sek. war, so berechnet sich daraus als Wellenlänge für den benachbarten tiefen Ozean $\lambda = 554$ m und eine Geschwindigkeit von $c = 30$ m in der Sekunde. Die am Strande brandende Dünung mit ihren rhythmischen Schlägen sei also den an entlegenen Küstenstrecken, namentlich der hohen südlichen Breiten, weilenden Reisenden zu solcher Beobachtung empfohlen.

Wer an Bord eines Seeschiffes selbst Wellen messen will, trifft meist auf die Schwierigkeit, dafs man in See nur selten ein einfaches, vom herrschenden Wind allein erzeugtes Wellensystem erblickt; in der Regel durchkreuzen sich verschiedene Wellensysteme von verschiedener Stärke und Abkunft. Namentlich in abgeschlosseneren Meeren sind unregelmäfsige Wellenbewegungen häufig, während auf den gröfseren Wasserflächen

---

Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 109, Gotha 1893. Eine ausführliche Anleitung hat Rottok in den Annalen der Hydrographie 1903, Heft VIII ausgearbeitet. Ohne Kenntnis der deutschen Literatur hat Dr. Vaughan Cornish (Geographical Journal, vol. 23, London 1904, p. 623—645) gearbeitet, im übrigen aber gezeigt, wie weit ein einzelner Reisender an Bord das Problem des Meereswellen fördern kann.

in den Passaten oder auch gelegentlich in den hohen südlichen Breiten nur ein bis zwei Systeme einander durchkreuzen und „Interferenzen“ bilden. Die Ursache ist darin zu suchen, daſs im Bereiche zyklonaler Luftbewegungen nahe beieinander sehr verschiedene Windrichtungen und ihnen entsprechende Wellenbewegungen vorkommen, und daſs sich diese Wellen unabhängig voneinander fortpflanzen. Dazu kommt, daſs stürmische Winde, namentlich Böen, Wellen von solcher Gröſse und Geschwindigkeit aufwerfen, daſs diese sich weit aus ihrem Ursprungsgebiete hinaus über den Ozean verbreiten. So aus dem stürmischen Gebiet bei Neufundland nicht nur in die Stillenregion der Roſsbreiten, sondern auch in den Passat, ja über den Äquator hinaus bis nach Ascension hin, wo diese aus NW kommenden langen Wellen andern begegnen können, die aus der Region stürmischer Westwinde südlich von 50° s. Br. nach N laufen. Solche vom örtlichen Winde unabhängigen Wellen nennt man Dünung und unterscheidet sie von den Seen des am Orte herrschenden Windes nicht nur durch ihre Richtung, sondern auch durch ihre groſse Länge und Periode, bei verhältnismäſsig nicht groſser Höhe. Der Beobachter an Bord eines Schiffes bemühe sich also, zunächst die See und etwaige Dünungen zu unterscheiden und bei seinen Messungen auseinanderzuhalten. In den meisten Fällen wird ein Wellensystem durch seine Dimensionen die andern übertreffen. Man hat also zuerst die Richtung, aus welcher diese Seen kommen, und die etwa noch vorhandenen Dünungen zu notieren.

Für die Messungen der Wellen an Bord macht es weiter einen Unterschied, ob das Schiff in Fahrt ist oder etwa stillliegt. Nehmen wir zunächst den letzteren Fall als den einfachsten und denken uns die Lage der Wellenkämme senkrecht zu der des Schiffskiels. Dann ist sehr bequem auch hier die Wellenperiode zu bestimmen, indem man wie vorher am Strande verfährt. Weiter kann man die Geschwindigkeit messen, mit welcher die Welle über die Wasseroberfläche dahinschreitet, indem man eine nicht zu kurze Strecke auf dem Schiffe (an der Reling) absteckt und am bequemsten von zwei an den Enden der Strecke aufgestellten Beobachtern den Augenblick melden läſst, wo der Wellenkamm die Marken passiert. Ist die Wellenlänge, d. h. der Abstand von Kamm zu Kamm, kürzer als das Schiff, so läſst sie sich am Schiffskörper leicht bezeichnen, am besten von zwei Beobachtern auf gegebenes Signal. Ist die Wellenlänge gröſser als das Schiff, so läſst sie sich bei stillstehendem (verankertem) Schiff nur

dann messen, wenn etwa vorhandener Strom eine ausgeworfene Logge in der Kielrichtung mitnimmt. Macht die Stromrichtung mit der Bewegungsrichtung der Wellen einen Winkel ϑ, so hat man die gemessene Länge mit $\cos \vartheta$ zu multiplizieren, um die wahre Länge zu erhalten; vorausgesetzt allerdings, dafs der Winkel ϑ kleiner als 45° ist, sonst wird das Resultat unsicher.

Befindet sich das Schiff in Fahrt, so ist es notwendig, Kursrichtung und Geschwindigkeit des Schiffes zu kennen; man verwandelt Knoten Fahrt pro Stunde durch Multiplikation mit 0.5144 in Meter pro Sekunde. Die vorher gegebenen Regeln erleiden nur eine einfache Modifikation, wenn Schiff und Wellen in der gleichen oder entgegengesetzten Richtung laufen, indem alsdann nur die Schiffsgeschwindigkeit zu der der Wellen algebraisch zu addieren ist. Nennen wir die Fahrt des Schiffes in m. p. s.: V, die von der Welle zum Passieren der abgesteckten Distanz D (in Metern) gebrauchte Zeit t (in Sekunden), so ist die wahre Wellengeschwindigkeit $c = \frac{D}{t} \pm V$, ferner die Wellenlänge $\lambda = t\,(c \pm V)$ und die Periode $\tau = \frac{\lambda}{c}$. — Wenn der Kurs des Schiffes nicht rechtwinklig zu den Wellenkämmen, sondern schräg mit dem Winkel ϑ zu denselben liegt (wiederum vorausgesetzt, dafs $\vartheta < 45^{\circ}$), so multipliziert man die scheinbare Wellengeschwindigkeit mit $\cos \vartheta$. — Die Wellenlänge in solchen Fällen direkt zu messen, ist die Logge geeignet; freilich wird dies Verfahren leicht zu grofse Wellenlängen geben.

Nach der Wellentheorie bestehen zwischen den Wellenmafsen folgende allgemeine Beziehungen (abgesehen von $\lambda = c\tau$):

$$\left.\begin{aligned} &1.\quad \tau = \sqrt{\frac{2\pi}{g}\cdot\lambda} = 0.8\,\sqrt{\lambda} \\ &2.\quad \lambda = \frac{g}{2\pi}\cdot\tau^2 = 1.56\,\tau^2 \\ &3.\quad c = \frac{g}{2\pi}\cdot\tau = 1.56\,\tau \end{aligned}\right\}\ \text{angenähert.} \qquad \left.\begin{aligned} &4.\quad \tau = \frac{2\pi}{g}\cdot c = 0.64\,c \\ &5.\quad \lambda = \frac{2\pi}{g}\cdot c^2 = 0.64\,c^2 \\ &6.\quad c = \sqrt{\frac{g}{2\pi}\cdot\lambda} = 1.25\,\sqrt{\lambda} \end{aligned}\right\}\ \text{angenähert.}$$

Hierin bedeutet g die örtliche Beschleunigung der Schwere (9.81 m in 45° Br.). Diese theoretischen Beziehungen kann man benutzen, um die wahre Wellenperiode τ aus der während der Fahrt gemessenen scheinbaren Periode τ' zu berechnen. Aus $\lambda = c\tau$ wird zunächst $\lambda = (c \pm V\cos\vartheta)\,\tau'$ und $\frac{g}{2\pi}\,\tau^2 = \left(\frac{g}{2\pi}\,\tau \pm V\cos\vartheta\right)\,\tau'$ und nach Auflösung der quadratischen Gleichung

$$\tau = \frac{\tau'}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\tau'}{2}\right)^2 \pm \frac{2\pi}{g}\,\tau'\cdot V\cdot\cos\vartheta}.$$

Schwieriger ist es, die **Wellenhöhe** zu messen, d. h. den Niveauunterschied zwischen dem höchsten Punkte des Wellenkammes und dem tiefsten Punkte des Wellentales. Sind die Wellen von so beträchtlicher Höhe, daſs sie, wenn das Schiff im Wellental ist, dem Beobachter die Kimm verdecken, so kann dieser auf den Deckaufbauten oder in den Wanten mittschiffs eine Höhe aufsuchen, wo er, über die Wellenkämme hinwegvisierend, diese mit der Kimm in Linie bringt. Die Höhe seines Auges über der Wasseroberfläche gibt dem Beobachter dann die Wellenhöhe. Freilich ist die Lage der Wasserlinie mittschiffs wohl meist in solchen Fällen etwas tiefer als im schlichten Wasser, und es ist ratsam, sich über die Gröſse dieser Abweichung zu vergewissern[1]). — Mehrfach, so zuerst von Neumayer, später von Abercromby und Schott, ist versucht worden, in sehr hohem Seegang die Wellenhöhen mit feinen Aneroidbarometern zu bestimmen; eine Mikrometerablesung ist dazu notwendig, um die kleinen Schwankungen zu messen, denn ein Höhenunterschied von 12 m gibt erst 1 mm am Aneroid. Die modernen groſsen und langen Schiffe folgen dem Wellenprofil jedoch unvollkommener als einst die kleinen Segler. Auf diesen allein war es nur denkbar, so zu verfahren, wie Humboldt einmal auf der Fahrt von Guayaquil nach Acapulco (9.—11. März 1803) getan. Nach seinem kurzen Bericht (im „Kosmos" Bd. 4, S. 309) maſs er bei hellem Sonnenschein in der hochlaufenden See mit dem Sextanten den Winkel zwischen der Sonne und dem nächsten Wellenkamm zunächst, wenn sich das Schiff auf dem Wellenberg, und sodann, wenn es sich im Wellental befand. Die Differenz δ beider Winkel gibt dann den Böschungswinkel, d. h. den spitzen Winkel, mit dem sich der Abhang des Wellenberges aus der Tiefe des Wellentals erhebt. Hat man auſserdem die Wellenlänge λ gemessen, so ist die Wellenhöhe $h = {}^1/_2\,\lambda\,tang\,\delta$. Wenn zwei Beobachter zur Verfügung stehen, kann der eine die Sonnenhöhen auf den Wellenkämmen, der zweite in den Wellentälern messen; ein einzelner Beobachter dürfte sich wohl darauf beschränken, erst eine Serie der Sonnenhöhen auf den Kämmen, dann eine zweite in den Tälern zu messen und dann aus den Mittelwerten die Differenz δ zu nehmen. — Bei kleinen Wellen wird man von hochbordigen Seeschiffen aus versuchen, die äuſsere Schiffswand aus einem Seitenfenster oder von einer Treppe aus zu übersehen und danach die

---

[1]) Vgl. Dr. Weitlauer in Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1902, S. 985.

Wellenhöhen abzuschätzen. Der zur selbsttätigen Registrierung bestimmte Apparat von Pâris und die Meſslatte von Froude, die man in den Handbüchern beschrieben findet, sind sehr kostspielig, unbequem zu handhaben und darum nicht empfehlenswert. Indes wäre ein die Wellenform selbsttätig aufschreibendes Pegel sehr erwünscht, um danach mit den Hilfsmitteln der harmonischen Analyse (s. Dr. Börgen, Beobachtungen über Ebbe und Flut) die einzelnen Wellenelemente gesondert bestimmen zu können. Auch das photogrammetrische Verfahren verdient ernstlichere Anwendung, als ihm bisher zuteil geworden (vgl. die Artikel von Finsterwalder und Hoffmann).

Bloſse Schätzungen der Wellenhöhen nach dem Augenmaſs sind ohne Wert und führen zu übertriebenen Angaben. Die neueren Messungen haben festgestellt, daſs Höhen von 6 m in starken Stürmen nicht immer überschritten werden und Höhen von mehr als 12 m ganz auſserordentlich selten sind; die höchste verbürgte Messung geht auf 15 m.

Es liegt in der Natur der Sache, daſs Wellenbeobachtungen nur genäherte Werte ergeben können, und auch bei regelmässig entwickelter See wird erst das Mittel aus zehn Werten ein gutes Resultat vorstellen. Doch ist es erwünscht, auch die Maſse jeder einzelnen Welle mitzuteilen, denn die Seeleute aller Zeiten haben behauptet, daſs namentlich bei höherem Seegang immer einige besonders groſse Wellen in eine Reihe kleinerer eingeschaltet sind. Bei den Alten ist es bald eine Gruppe von drei Wellen (*Trikymie*), bald jedesmal die zehnte in einer Reihe, die sich vor den andern durch Gröſse auszeichnen sollen. Auch in der Ostsee kennen die Fischer eine solche Trikymie, die sie die Mutter mit den beiden Töchtern nennen. An den Küsten mit starker Brandung gilt bald die fünfte, bald die siebente als die höchste. Dr. V. Cornish wollte eine solche regelmäſsige Anordnung hervorragend hoher Wellen von der oberen Kommandobrücke eines groſsen Schnelldampfers sogar gesehen haben und hält sie für die Urwellen der später, nach dem Abflauen der kürzeren Windseen, zum Vorschein kommenden Dünung. Ist das berechtigt, und sind nicht auch in der Dünung selbst solche Steigerungen nachweisbar?

Weiter sind Beobachtungen erwünscht über die Tiefe, bis zu welcher die Wellenbewegung hinabreicht. Auch die Art der Bewegung, die die Wasserteilchen im Bereiche einer Welle vollführen, ist anders in sehr tiefem wie in flachem Wasser: im letzteren schieben sie sich mehr wagerecht hin und her. Bei Tauchversuchen gibt sich gute Gelegenheit dazu, dieses

zu verfolgen, auch Messungen über das Ausmafs der horizontalen und vertikalen Schwingung auszuführen. Für Selbstregistrierung haben Aimé und Nansen geeignete Apparate angegeben [1]).

Einen Anhalt, wie tief die Wellenbewegung hinabreicht, gewährt ihr Verhalten über Bänken, die sich aus ozeanischen Tiefen erheben. Nach Tizards Beobachtungen soll schon eine Verminderung der Tiefe von 1200 auf 500 m über dem Wyville Thomsonrücken zwischen Schottland und den Färöer ein Anwachsen der Wellenhöhen erkennen lassen. Von andern wird ähnliches von der Grofsen Neufundlandbank, der Agulhasbank oder den Bänken bei Staten I. erwähnt: exakte Messungen wären hier wie sonst an ähnlichen Stellen sehr erwünscht. —

Am Strande sollen nach der Theorie die Wellen branden, sobald die Wassertiefe gleich der Wellenhöhe ist; die Wassertiefe ist dabei nicht nach dem Kartenniveau der Seekarten (meist Springniedrigwasser), sondern durch Messung im Einzelfalle festzustellen und als Wasseroberfläche das Niveau in der Mitte zwischen Wellenkamm und Wellental zu nehmen. Es kommen von dieser sonst praktisch bestätigten Regel auch Ausnahmen insofern vor, als brandende Wellen sogar in Tiefen von mehr als 20 bis 70 m gesehen worden sind: ob es sich in solchen Fällen um wirkliche Brandung oder nur um das bei jeder stürmisch bewegten See eintretende Überbrechen der Wellenkämme handelt, bedarf noch der Nachprüfung.

Besonders interessante Probleme gewährt das Verhalten der Wellen gegenüber dem Wind und ihre Umformung bei der Änderung der Windstärke. Die modernen hydrodynamischen Theorien, wie sie auf Helmholtzs Grundlage zuletzt W. Wien [2]) entwickelt hat, sind nicht immer in Einklang mit den Beobachtungen an Bord. Entspricht die von Airy aufgestellte Behauptung, dafs die Wellen so lange überfallende Schaumkämme zeigen, als sie die der vorhandenen Windstärke angemessene Höhe noch nicht erreicht haben, den Tatsachen? In welchem Mafse nimmt die Wellenhöhe, -länge und -geschwindigkeit zu, wenn der Wind sich gleichbleibt? Wie ändern sie sich, wenn der Wind zunimmt? Wie, wenn er abflaut? Nach Pâris soll die Wellenlänge bei zunehmendem Wind sehr rasch, die Höhe sehr langsam wachsen. Dafs sich

[1]) Aimé in Poggendorffs Annalen 1842, Bd. 57, S. 584; Nansen in Nyt Magazin f. Naturvidenskab. Bd. 39, Heft 2, Kristiania 1901, S. 163—187.

[2]) Wiedemanns Annalen d. Physik, Bd. 56, 1895, S. 100—130. Auch Wien, Lehrbuch der Hydrodynamik. Leipzig 1900.

die langen Wellen sehr zähe halten, also über die weitesten Strecken fortpflanzen können, entspricht der Theorie[1]) und den Beobachtungen in See wie an den Brandungen des Flachstrandes.

Stehende Wellen. — In einigen abgeschlossenen Meeresteilen, Golfen, Baien und Strafsen, auch an ozeanischen Flachküsten, sind regelmäfsige Niveauschwankungen von geringem Ausmafs den Anwohnern bekannt oder an den Aufzeichnungen der registrierenden Wasserstandszeiger bemerkt worden. Die Periode dieser Schwankungen ist zu kurz (5—90 Minuten), um mit dem Gezeitenphänomen unmittelbar in Zusammenhang gebracht zu werden; und andrerseits wieder zu lang, um von dem Seegang oder der Dünung abzuhängen; das Phänomen ist auch viel zu häufig, um es als Folge von Erderschütterungen oder Vulkanausbrüchen zu betrachten. Am nächsten steht die Erscheinung den in Binnenseen so regelmäfsig auftretenden „stehenden Wellen" oder *seiches*, wie sie am Genfer See genannt werden und in ihren Gesetzen von F. A. Forel und seinen Mitarbeitern so klar enthüllt worden sind. In einzelnen Fällen sind sie verantwortlich für periodisch alternierende Strömungen, so in der Strafse des Euripus, wo sie in der Zeit aufserhalb der Springfluten etwa 11—14 mal täglich unter der Brücke von Chalkis die Richtung wechseln; nach vorliegenden Beobachtungen gehen sie dort Hand in Hand mit Niveauschwankungen von 87 Minuten Periode[2]). Im Hafenkanal von Poros an der Nordküste von Argolis fand Makarof ähnliche Niveauschwankungen von 30 Minuten Periode und einer Hubhöhe von 15—40 cm, bei Abwesenheit fast aller Gezeiten. Andre Beobachtungen liegen von Helgoland, Helder, Ymuiden, vom Bristolgolf, aus Auckland, Kerguelen, Südgeorgien, der Fundybai und sonst vor, so dafs es sich offenbar um eine der verbreitetsten Erscheinungen an den Küsten handelt. Entstehung und Ursachen derselben sind jedoch noch in ziemliches Dunkel gehüllt; man kann entweder an Überlagerungen verschiedener Dünungen oder an Differenzwellen (siehe Dr. Börgen, Beobachtungen über Ebbe und Flut) oder an Gezeitenwellen von übergeordneter kurzer Periode (Obertiden) denken oder, wie bei den *seiches* der Binnenseen, an meteorologische Ursachen. Wahrscheinlich sind diese Wellen durchaus nicht überall desselben Ursprungs.

7. Meeresströmungen.

Es ist nicht nur ein rein wissenschaftliches, sondern auch ein hervorragend praktisches Interesse, das die Erforschung der Meeresströmungen als eine der lohnendsten Aufgaben erscheinen läfst, die sich dem Beobachter in See darbieten. Die Hilfsmittel, einen Einblick in diese grofsartigen Verschiebungen der ozeanischen Wassermassen zu gewinnen, sind sehr viel-

[1]) Boussinesq in Comptes Rendus Acad. tome 120 und 121. Paris 1895.
[2]) Petermanns Mitteilungen 1888, S. 331 f.

seitig: die Handbücher der Ozeanographie pflegen sich eingehend damit zu beschäftigen. Hier sollen sie nur in kurzer Übersicht dargelegt werden.

An erster Stelle steht die sogen. Stromversetzung, die sich aus der Schiffsrechnung ergibt, als der Unterschied zwischen dem observierten und gegifsten Besteck. Da den astronomischen Ortsbestimmungen ein Fehler anhaftet, der sich etwa durch einen Kreis von drei Seemeilen um den erhaltenen Schiffsort ausdrücken läfst, werden Stromversetzungen von weniger als 6 Seemeilen in 24 Stunden in der Regel nicht als beachtenswert gerechnet und nur, wo absolut sichere Ortsbestimmungen (durch Landpeilungen) vorliegen, nicht als „Stromstille“ registriert. Stromversetzungen enthalten nicht nur die Fehler der astronomischen Ortsbestimmung, sondern (im gegifsten Besteck) auch die Fehler in Kurs und abgelaufener Entfernung, bei Seglern und langsamen Dampfern in der Schätzung der Abtrift, bei eisernen Schiffen die Fehler in der Deviation. Man wird deshalb nur solchen Angaben für die Stromversetzung alles Vertrauen entgegenbringen, die durch ein sorgfältig geführtes meteorologisches Schiffsjournal, wie es die Deutsche Seewarte vorschreibt, gestützt werden.

Bei stillstehendem und verankertem Schiff hat man instrumentelle Hilfsmittel, um die Strömung nach Richtung und Stärke zu messen. Ob sich der in der jüngsten Zeit von Fridtjof Nansen im Zentrallaboratorium für die internationale Erforschung der nordeuropäischen Meere (in Kristiania) konstruierte Strommesser im Bordgebrauch bewähren wird, bedarf noch weiterer Prüfung; er ist dazu bestimmt, gleichzeitig sowohl die Stromrichtung wie auch die Geschwindigkeit in einer beliebigen Tiefe zu registrieren. Er vereinigt demnach die bisher von zwei besonderen Instrumenten geleisteten Aufgaben: die des Stromweisers von Aimé, gewöhnlich Stromindikator von Irminger genannt, und die eines Flügelradstrommessers (Woltmann, Amsler-Laffon u. a.), wie sie die Strombautechniker in Flüssen verwenden, um die Verteilung der Stromgeschwindigkeit in einem bestimmten Durchflufsprofil zu bestimmen. In der ozeanischen Tiefsee verankerte Schiffe sind namentlich, wenn ein kräftiger Oberstrom herrscht, einem starken Gieren und Schwaien ausgesetzt und können sich periodisch bald auf den Anker hin, bald von diesem weg bewegen (die Periode wird von der Länge des frei im Wasser hängenden Ankertaues abhängen), ohne dafs es immer gelingt, diese Störung zu eliminieren. Das relativ beste Hilfsmittel ist, mit Patent- oder Relingslogge stetig oder in kurzen Intervallen wiederholt den

Oberflächenstrom zu messen, wobei ein Auf- und Abgieren in der Kielrichtung meist erkannt und gemessen werden wird. Pillsbury, der im westindischen Golfstromgebiet Tiefenströme gemessen hat[1]), versäumte diese Vorsichtsmafsregel.

Unterströme kann man in geringeren Tiefen auch durch Treibbojen messen, indem man zwei genau gleichgestaltete zylindrische Körper in erforderlichem Abstande untereinander durch einen dünnen Lotdraht verbindet und den unteren Körper so beschwert, dafs der obere genau an der Oberfläche schwimmt. Ist in der Tiefe ein nach Stärke und Richtung verschiedener Strom vorhanden, so kann man aus der resultierenden Trift des Oberflächenkörpers nach dem Parallelogramm der Kräfte den Unterstrom für sich finden, wenn der Oberstrom bekannt ist. In hoher See werden solche Messungen nur bei gutem Wetter vom Boot aus ausführbar sein.

Unvollkommener sind die Hilfsmittel, die dem Meeresstrome einen Treibkörper überliefern und es dem Zufall überlassen, wo er nach längerer oder kürzerer Zeit wiedergefunden wird. Hierzu gehören zunächst die Flaschenposten oder Treibbojen, die, in den heimischen Meeren von Leuchtschiffen oder Tourendampfern in kurzen Intervallen ausgeworfen, schon manche sehr wertvolle Aufklärung über Stromvorgänge geliefert haben. Um die treibenden Flaschen der Einwirkung des Windes zu entziehen, hat man teils vorgeschrieben, einen kleinen Sandballast hineinzufügen, teils zwei Flaschen in einem kurzen Abstand (2,5 m) zu verbinden und die untere voll Wasser laufen zu lassen. Nach den Erfahrungen bei den Flaschenposten der Deutschen Seewarte scheinen solche Mafsregeln entbehrlich. Da von ausgesetzten Flaschen nur ein kleiner Bruchteil (etwa $^1/_6$) wieder zum Vorschein kommt, empfiehlt es sich, an erwünschten Stellen mindestens 7, womöglich 10 Flaschen auf einmal auszuwerfen. Flaschenpostzettel sind von der Deutschen Seewarte zu beziehen; als Treibflaschen besonders geeignet scheinen die stark im Glase gehaltenen Seltersflaschen, die man verkorkt. Wo ein reichliches Material vorhanden ist, wie z. B. für den Nordatlantischen Ozean im Archiv der Seewarte, können Flaschenposten mancherlei wertvollen Aufschlufs über die Zusammenhänge der oberflächlichen Meeresbewegungen liefern. Sonst beweisen sie nur, dafs zwischen dem Anfangs- und Endpunkt der Trift ein zusammenhängender Weg möglich ist.

---

[1]) Annalen der Hydr. 1896, S. 279 f.

Ganz vom Zufall gelieferte Treibkörper können unter Umständen sehr wichtig werden. So die von den westindischen Küsten abgerissenen Tange (Sargasso) und Riesenschoten (Entada gigalobium), die Treibhölzer der nordischen Meere; ja auch die Triftbahnen von wrack gewordenen und auf der Ladung treibenden Schiffen gehören hierzu, zumal wenn sie vielfach in ihren verschiedenen Positionen gemeldet werden. Solchen Triften pflegt auch der Seemann stets ein besonderes Interesse entgegenzubringen; der an Bord befindliche wissenschaftliche Reisende wird nicht versäumen, mit gröfster Schärfe den Befund zu beschreiben (von den treibenden Tangen usw. auch Proben mitzunehmen). In den höheren Breiten sind die treibenden Eisberge ein sehr wichtiges Hilfsmittel, um die herrschende Meeresströmung zu verfolgen; vermöge ihres grofsen Tiefganges sind sie vom Winde ziemlich unabhängig. Auch sonst versäume man nicht, sie und etwaiges Treibeis so genau als möglich zu beschreiben; Angaben über Schiffsort, Dimensionen (die Höhe über dem Meeresspiegel kann man trigonometrisch gut bestimmen, nachdem man den Abstand vom Schiff auf akustischem Wege mit der Dampfpfeife durch das Echo gemessen), die Schichtung, Farbe, Reinheit oder Versetzung mit Erde oder Einschlüsse von Steinen, werden sich meist beibringen lassen. Bemerkt man, dafs ein Eisberg auf Grund geraten ist, so suche man Angaben über die Wassertiefe zu erhalten; es wird sich daraus auch das Verhältnis der ausgetauchten Masse zu der unter Wasser befindlichen beurteilen lassen. —

Indirekte Hilfsmittel, um die Wege der Meeresströmung zu verfolgen, bieten sich in den Eigenschaften des Wassers selbst dar: die Temperaturen, der Salzgehalt, die Farbe und sehr deutlich auch Qualität und Quantität des Planktons liefern in dieser Hinsicht wichtige Indizien; namentlich die Grenzen gewisser Strömungen lassen sich aus diesen Merkmalen schärfer bestimmen, als aus Stromversetzungen oder Strommessungen. Ebenso sind auch die Tiefenströme durch bestimmte derartige Merkmale gekennzeichnet.

Eine auffällige, aber noch wenig systematisch untersuchte Erscheinung sind die Stromkabbelungen, die nicht nur an den Grenzen, sondern anscheinend auch im inneren Bereiche der Strömungen vorkommen: es sind kurze und kleine Wellen, die sich in einem deutlichen, meist schmalen Streifen, oft schäumend und geräuschvoll überbrechend, weithin über die Meeresoberfläche verfolgen lassen. Man vermerke die Richtung, in der sie liegen, und, wenn es möglich ist, auch die Richtung,

in der sie fortschreiten, untersuche Temperatur, Salzgehalt, Wasserfarbe und Plankton zu ihren beiden Seiten. In nicht zu großer Entfernung vom Land werden diese Stromkabbelungen auch wohl durch Schmutzstreifen verdeckt, in denen sich oft abgestorbene größere Seetiere, Tange, treibende Baumzweige befinden.

In flacheren Gebieten sind die Gezeitenströme der Beobachtung der eigentlichen Meeresströme sehr hinderlich, am meisten da, wo die Flutwellen hoch sind, was in Meeresbuchten und Straßen der Fall zu sein pflegt.

Beigegebene Karte stellt das Bild der Meeresströme dar, wie es sich gemäß den neuesten Untersuchungen ergibt, wobei aber sogleich betont sei, daß es sich nur um eine schematische Übersicht über das System der Meeresströmungen handelt, sowohl nach ihrer durchschnittlichen Richtung wie nach der Stromstärke. In Wirklichkeit werden beide oft von den Angaben der Karte abweichend gefunden werden; die schwächeren Ströme von weniger als 24 Seemeilen in 24 Stunden wird man überall durch die Richtung und Stärke des örtlich gerade herrschenden Windes beeinflußt finden. Für die Tropenzone, deren Windsysteme im Sommer und Winter verschieden sein können, ist es deshalb nötig gewesen, ein besonderes Bild der allgemeinen Anordnung ihrer Strömungen im Juli und August der Hauptkarte anzufügen; diese selbst gibt das Strombild für Januar und Februar.

Im folgenden mögen die Meeresstriche noch besonders hervorgehoben werden, die unsicher oder strittig oder abweichend gegen sonstige Auffassungen im gegebenen Kartenbilde erscheinen.

Im Atlantischen Ozean. — Der einst auf älteren Karten im Biskaya-Golf eingetragene Rennellstrom ist hier nicht mehr berücksichtigt. Die Triftexperimente des Fürsten Albert von Monaco und des Leutnants Hautreux, sowie die sorgsame Analyse der deutschen Schiffsjournale durch den verstorbenen Abteilungsvorsteher der Seewarte, L. E. Dinklage haben übereinstimmend ergeben, daß der Strom hier unmittelbar vom Wind beherrscht ist, und daß die früheren Beobachter teils durch den Gezeitenstrom, teils durch unrichtig beurteilte Kompaßdeviation getäuscht worden sind.

Der Guineastrom bietet noch eine gewisse Unsicherheit in zwei Punkten dar. Seine Ausdehnung zwischen den beiden Äquatorialströmen nach Westen hin im Sommer und sein Verhalten bei der Sierra-Leona-Küste im Winter bedürfen noch gründlicheren Studiums; für die Darstellung auf der Hauptkarte ist das Verhalten der Oberflächentemperaturen maßgebend gewesen, denn diese zeigen, daß das kühle Wasser der Kanarienströmung in 12° n. Br. nach Westen von der Küste hinwegströmt, während südöstlich davon um 5° wärmeres Wasser vor der Küste lagert.

Der Labradorstrom über der Neufundlandbank ist nach den Wassertemperaturen und dem Weg der Eisberge gezeichnet; sein weiterer Verlauf im Nordatlantischen Ozean gemäſs den Ergebnissen der Plankton-Expedition (1889) und den Untersuchungen von G. Wegemann (1899).

Im nördlichen Eismeer sind die Untersuchungen Fridtjof Nansens für das nördlich von Sibirien gelegene Gebiet und Peterssons, Nansens und Hjorts für das Nordmeerbecken zwischen Island und den Lofoten benutzt; die äuſsersten Ausläufer der sogenannten Golfstromtrift in der Barents-See sind nach Knipowitsch und Breitfuſs eingetragen.

In den hohen Breiten des Südatlantischen Ozeans ist die Ausdehnung des Brasilienstroms bis 48° südl. Breite und ebenso das Vordringen des Agulhasstroms bis 12° östl. Länge gemäſs meinen auf das Material der Seewarte gestützten Untersuchungen aus dem Jahre 1883. —

Im Indischen Ozean muſste der bei Kerguelen nach Süden umbiegende Zweig der Westwindtrift, gegen den schon lange Bedenken vorlagen, auf Grund der Erfahrungen der deutschen Südpolar-Expedition an Bord des „Gauſs" verschwinden; die Stromvorgänge der Breiten jenseits 60° südl. Breite sind nach derselben Quelle eingezeichnet.

Die bemerkenswert starken Stromversetzungen unter der Somaliküste haben bei dem Anwachsen des Dampferverkehrs besonderes Interesse; namentlich im Südwestmonsun sind in Küstennähe nach neueren Beobachtungen Versetzungen häufig von 90—100, vereinzelt bis 110 Seemeilen in 24 Stunden verzeichnet, während die Stromstärken im Nordostmonsun 60—80 Seemeilen selten zu überschreiten scheinen.

Noch recht unklar sind die Stromverhältnisse im Gebiet zwischen Java und Nordwestaustralien, das abseits von der modernen Schiffahrt gelegen ist. Hier wären Strombeobachtungen besonders erwünscht.

Das Strombild des Australasiatischen Mittelmeeres ist nach den niederländischen und englischen Arbeiten stark verwickelt; unsre Karte versucht, einen gewissen Zusammenhang in den Wasserbewegungen der beiden Monsunzeiten zum Ausdruck zu bringen. —

Der Pazifische Ozean erscheint gegen die frühere Karte in einem wesentlich veränderten Bilde. Es hält sehr schwer, in den sich sehr widersprechenden Einzelbeobachtungen ein System von Wasserbewegungen zu erkennen, obwohl es notwendigerweise ein solches auch im tropischen Teil geben muſs. Ich habe mich bemüht, für die beiden extremen Jahreszeiten das wahrscheinlichste Bild aus den Atlanten der deutschen Seewarte und des englischen Hydrographischen Amtes zu finden. Das Material ist aber namentlich im zentralen Gebiete zwischen den Hawaii-, Marquesas- und Gilbert-Inseln noch recht lückenhaft und im Bereiche der Salomonen und des Bismarck-Archipels nicht ohne Widersprüche. Hier sind gute Strombeobachtungen besonders erwünscht. Es scheint die Zeit noch nicht sehr nahe, wo man über die Ausdehnung der Äquatorial-Gegenströmung in unsern Wintermonaten etwas Gewisses aussprechen kann.

Für die Gegend westlich von Zentralamerika sind die Arbeiten von Dr. C. Puls (1895), für den Kuro-shio die wichtigen

Untersuchungen von G. Schott (1893) und für die **ostasiatischen** Randmeere diejenigen Makaroffs (1894) herangezogen. Ist hierdurch auch eine gute Grundlage gewonnen, so bleiben weitere sorgsame Strombeobachtungen, vervollständigt durch die der Temperaturen und des Salzgehaltes, aus den genannten Gegenden immer erwünscht.

Endlich ist das Umbiegen der **südlichen Äquatorialströmung** südlich von den Samoainseln bis nach Neuseeland und den Chatham-Inseln hin sorgfältiger weiterer Untersuchungen bedürftig; unsere Darstellung beruht auf deutschen Schiffsjournalen aus der Zeit bis 1886 und den neueren englischen Stromkarten. Die Strömungen sind meist recht schwach und grofse Unterschiede in den Wassertemperaturen hier nicht bekannt, abgesehen vielleicht von der Gegend um die Chatham-Inseln und nordöstlich davon (bei etwa 30° südl. Breite, 170° westl. Länge), sowie einer vereinzelten älteren Beobachtung in 48° südl. Breite, 130—125° westl. Länge.

Meteorologische Beobachtungen und Förderung der Meteorologie und Klimatologie überhaupt.

Von

J. Hann.

Der Reisende kann nach vier Richtungen hin im Dienste der Meteorologie und Klimatologie tätig sein: 1. durch eigene regelmäfsige Aufzeichnungen der meteorologischen Erscheinungen mit oder ohne Instrumente; 2. durch Erkundigungen über die allgemeinen klimatischen Verhältnisse der bereisten Landstriche; 3. durch Anregung zu meteorologischen Beobachtungen an Orten, wo sich hierzu geeignete Persönlichkeiten finden, die Interesse dafür zeigen; 4. durch Sammeln schon vorhandener, noch nicht bekannter meteorologischer Aufzeichnungen.

I. Meteorologische Aufzeichnungen auf Reisen.

Zur ersten Orientierung mögen einige Bemerkungen darüber Platz finden, inwieweit die meist zeitlich und örtlich verstreuten meteorologischen Aufzeichnungen eines Reisenden für die Wissenschaft wertvoll sind. Dabei ist zu unterscheiden zwischen meteorologischen Beobachtungen zur See und auf dem Lande.

Über den Ozeanen erleiden die meteorologischen Erscheinungen geringere örtliche Modifikationen, und jede einzelne Beobachtung hat deshalb für einen gröfseren Umkreis Gültigkeit. Aus relativ wenigen solchen Beobachtungen, die z. B. über ein bestimmtes Gradfeld verteilt sind, lassen sich schon Mittelwerte ableiten, welche auf die allgemeinen meteorologischen Verhältnisse dieser Meeresgegend Schlüsse ziehen lassen. Dazu kommt, dafs wir uns überhaupt über die mittleren sowie über die extremen meteorologischen Zustände über den Ozeanen

nur durch Beobachtungen auf Reisen, also auf Schiffen, unterrichten können. Die ganze ozeanische Meteorologie kann nur auf Reisebeobachtungen gegründet werden, und die Ozeane bedecken rund Zweidrittel der ganzen Erdoberfläche. Daraus erhellt die aufserordentliche Wichtigkeit meteorologischer Beobachtungen auf Schiffen. Dazu kommt noch die Bedeutung derselben für die Untersuchung von Stürmen usw., also für die sogen. synoptische Meteorologie. Meteorologische Beobachtungen auf Überlandreisen lassen sich schwieriger verwerten, und zwar um so weniger, je kupierter, abwechslungsreicher das bereiste Terrain ist. In diesen Fällen wird sich der Reisende in Beziehung auf instrumentelle Beobachtungen auf jene beschränken, die er im Interesse der Landesaufnahme für wünschenswert hält zur Feststellung der vertikalen Gliederung des Landes. Dazu dienen bekanntlich Beobachtungen des Luftdruckes und der Temperatur an jenen Punkten, deren Seehöhe bestimmt werden soll. Aufzeichnungen über den Zug der höheren Wolken und der gleichzeitigen Windrichtung unten an der Erdoberfläche, sowie über andre meteorologische Erscheinungen, die später noch angeführt werden, sind selbst vereinzelt von Interesse. Führt die Reise auf weiten Strecken durch ebenes Land in bisher mehr oder weniger unbekannten Teilen des Innern der Kontinente, durch flache Wüsten und Steppen oder über Plateauländer, so werden die meteorologischen Aufzeichnungen wertvoller, wenn sie auch örtlich verstreut sind, namentlich wenn sie regelmäfsig zu bestimmten Tageszeiten angestellt werden. Sie lassen sich ähnlich wie jene über den Ozeanen leichter in Gruppenmittel vereinigen und an die Beobachtungsergebnisse andrer Reisenden in der gleichen Gegend anschliefsen. Die meteorologischen Beobachtungen von Rohlfs und Nachtigal in den afrikanischen Wüsten, von Pschrewalski und Sven Hedin in den Wüsten und Steppen Asiens und andre sind ermunternde Beispiele dafür. Ähnliche Aufzeichnungen aus dem Wüstengebiet von Arabien z. B. wären von hohem Werte, ebenso aus dem Innern von Australien und ähnlichen klimatisch unbekannten Erdstrichen von einförmiger Bodengestaltung.

A. Anstellung mehr oder minder vollständiger Beobachtungen an Instrumenten.

Auf der Reise selbst sind die im vorigen aufgestellten Gesichtspunkte zu beachten.

Selbst im günstigsten Falle wird sich der Reisende auf

die Ablesung der Temperatur, des Aneroides, eventuell noch eines Hygrometers beschränken und zugleich stets die Windrichtung und den Grad der Himmelsbedeckung notieren; vielleicht auch noch den Wolkenzug, dies alles, wenn möglich zu festen Tageszeiten, welche natürlich durch die Haltepunkte bestimmt sein werden und dem Morgen, Nachmittag und Abend entsprechen sollten.

Bei längerem Aufenthalte an einem Orte aber sollten diese Aufzeichnungen nicht versäumt und die später empfohlenen Tageszeiten zu den Ablesungen der Instrumente eingehalten werden. Dazu käme dann noch eventuell die Aufstellung der gleichfalls im nachstehenden spezieller empfohlenen meteorologischen Registrierinstrumente. Die Ergebnisse solcher Beobachtungen werden, selbst wenn sie für die allgemeine Meteorologie zunächst keinen besonderen Wert erlangen sollten, doch für die physische Geographie der Gegend von grofsem Interesse sein und dem Geographen und Geologen manche Fingerzeige geben zur richtigen Beurteilung der ihn interessierenden Erscheinungen.

Im nachfolgenden wird nun versucht, Anweisungen zu geben, wie der Reisende bei der Aufzeichnung der wichtigsten meteorologischen Elemente am besten vorgehen mag.

Temperatur. 1. Lufttemperatur. Die benutzten Thermometer sind bewährten mechanischen Werkstätten zu entnehmen (s. darüber am Schlusse) und sind tunlichst vor und nach der Reise an einem meteorologischen Zentralinstitute oder einem Thermometer-Prüfungsamte (Phys. technische Reichsanstalt Berlin, National Physical Laboratory Kew, Normal-Eichamt Wien usw.) einer Vergleichung mit einem Normalthermometer unterziehen zu lassen.

Änderungen des Nullpunktes des Thermometers kommen zwar jetzt seltener vor, weil zu den Thermometern jetzt fast immer Hartglas verwendet wird, es ist aber trotzdem anzuraten, wenn sich eine Gelegenheit dazu bietet, den Nullpunkt zu verifizieren. Dies geschieht dadurch, dafs das Thermometer in tauendes reines Eis (in sehr verkleinerten Stücken) oder tauenden Schnee gesteckt wird, bis der Quecksilberfaden nicht mehr sinkt. Das Thermometer soll dann auf Nullgrad stehen (32° bei Fahr.-Skala), wenn nicht, so wird die Abweichung (ob + oder —) in das Beobachtungsjournal eingetragen. Die daraus ermittelte Korrektion wird aber am besten, falls sie nicht sehr grofs ist, bei dem Eintragen der einzelnen Ablesungen nicht angebracht, weil sonst die Gefahr besteht, dafs dies doch zuweilen unterlassen wird. Bei Ablesungen aller

Instrumente ist es deshalb prinzipiell geraten und in Gebrauch, die direkten Ablesungen in das Beobachtungsjournal einzutragen, ohne die bekannten Korrektionen Fall für Fall anzubringen. Die Korrektion des Instrumentes wird am besten am Eingang jeder Seite des Beobachtungsjournals vermerkt. (S. Formular am Schlusse.)

Abgesehen von einer Nullpunktänderung kann es leicht vorkommen, dafs infolge der Erschütterung der Thermometer beim Transport während der Reise sich ein Teil des Quecksilberfadens abtrennt und im oberen Teil der Röhre, vielleicht sogar in der kleinen blasenartigen Erweiterung am oberen Ende derselbe haften bleibt. Wird dies nicht bemerkt, was besonders im letzteren Falle leicht geschehen kann, so bekommt man leicht fehlerhafte Temperaturablesungen. Um dies zu vermeiden, tut man gut, falls man über mehrere Thermometer verfügt, dieselben öfter miteinander zu vergleichen (etwa in einem gröfseren Wassergefäfs, in der Luft ist die Vergleichung zu unsicher); hat man nur eines, so ist öfter sorgfältigste Besichtigung der freien Thermometerröhre zu empfehlen, um etwaigen abgetrennten Quecksilberfäden auf die Spur zu kommen. In den meisten Fällen wird es durch vorsichtiges Stofsen des Thermometergefäfses gegen eine elastische Unterlage (Papier, Buchdeckel) gelingen, den abgetrennten Faden wieder zur Vereinigung zu bringen. Auch durch vorsichtige langsame Erwärmung des Thermometers, bis der Quecksilberfaden den abgetrennten Teil erreicht, mag die Vereinigung erzielt werden. Gelingt dies nicht, so ist die Länge des abgetrennten Fadens abzumessen und als Korrektion an die Temperaturablesungen anzubringen [1]).

---

[1]) Oft wird es geschehen, daß der abgetrennte Faden sich nicht vollkommen mit dem Hauptfaden vereinigen läßt, es bleibt ein kleiner Zwischenraum. Dies ist immer der Fall, wenn das Thermometer nicht vollkommen luftleer ist. Es ist dann der kleine Zwischenraum, in Graden gemessen, als negative Korrektion an die Ablesungen anzubringen. Ein solches Thermometer kann aber dann mit Vorteil als Maximumthermometer verwendet werden. Bei steigender Temperatur schiebt nämlich der Quecksilberfaden das abgetrennte Stück mitsamt dem zwischenliegenden Luftpolster vor sich her, sinkt dann die Temperatur, so wird bei horizontaler Lage des Thermometers der kurze abgetrennte Quecksilberfaden liegen bleiben und so den höchsten Stand markieren. Er wirkt als Maximum Index. In der Tat haben Walferdin und Philipps auf diese Tatsache ihr Maximumthermometer gegründet, in welchem der oben geschilderte Zustand absichtlich herbeigeführt wird. — Nach der Ablesung des Maximums ist der Index (der getrennte Quecksilberfaden) durch sorgfältiges Stoßen gegen eine weiche Unterlage wieder dem langen Quecksilber-

Maximum-Minimumthermometer, auch Registrierthermometer genannt. Wer nicht Zeit hat, regelmäfsig zu bestimmten Tageszeiten die Temperatur abzulesen, der wird diese Thermometer mit Vorteil verwenden. Sie haben auch die gute Eigenschaft, die höchste und tiefste Temperatur des Tages unmittelbar zu liefern, was ja zur Charakterisierung der Wärmeverhältnisse eines Ortes sehr dienlich ist. Das Maximumthermometer soll zu einer Zeit abgelesen und wieder eingestellt werden, zu welcher der Eintritt der höchsten Temperatur nicht zu erwarten steht, desgleichen das Minimumthermometer zu einer Zeit, welche von dem gewöhnlichen Eintritt der tiefsten Temperatur entfernt liegt. In den meisten Fällen wird man das Maximum und das Minimum zu gleicher Zeit ablesen und das Instrument dann wieder einstellen. Das kann z. B. um 9^h morgens oder um 9^h abends geschehen.

Empfehlenswerte Extremthermometer werden am Schlusse angeführt werden. Bei Benutzung der Maximum- und Minimumthermometer sind zwei Vorsichtsmafsregeln nicht aufser acht zu lassen, wenn man sich vor schlimmen Fehlern schützen will. Bei dem Weingeist-Minimumthermometer ist sehr darauf zu achten, dafs der Stand desselben nicht etwa zu niedrig geworden ist, erstlich durch einen abgetrennten Flüssigkeitsfaden im oberen Teile der Röhre oder durch das Überdestillieren von Weingeist in die obere Endigung der Röhre, was bei höheren Temperaturen und Wiederabkühlung sehr leicht eintritt.

Bei den sogenannten Sixthermometern, die auf einer U-förmig gebogenen Thermometerröhre das Maximum und Minimum der Temperatur sehr bequem abzulesen gestatten, hat man darauf zu achten, dafs die Enden des Quecksilberfadens, welche die Indices vor sich herschieben, die gleiche richtige Temperatur anzeigen, was durch einen Vergleich mit einem gewöhnlichen geprüften Thermometer festgestellt werden kann. Etwaige Abweichungen bringe man gleich als Korrektionen an die Ablesungen an (weil sie nicht immer konstant bleiben). Die Indices sollen während der Reise (während des Transportes) gegen das obere Ende der Röhre (aber nicht gar zu

---

faden möglichst zu nähern, so dafs das Thermometer zu einer neuen Registrierung bereit gestellt wird. Diese Wiedereinstellung mufs natürlich bei einer Temperatur geschehen, welche niedriger ist als das zu erwartende nächste Maximum.

Die Behandlung eines derartigen Maximumthermometers ist etwas umständlich und erfordert grofse Aufmerksamkeit. Es funktioniert aber dann sehr gut und ist deshalb Geübten zu empfehlen.

weit) verschoben werden, damit sie nicht so leicht in den Quecksilberfaden hineingeraten. Das Verschieben erfolgt durch langsame Bewegung eines dazu bestimmten Magneten (man nehme einen Reservemagnet mit, die Anker derselben werden langsam seitlich abgeschoben, nicht abgerissen, damit der Magnet nicht geschwächt wird). Die Sixthermometer (Weingeistthermometer) sind etwas träge und folgen den Temperaturänderungen nur langsam. Bequem ist es, dafs sie aufrecht aufgehängt oder aufgestellt werden können und leichtere Erschütterungen die Indices nicht verschieben. Nach jeder Ablesung werden diese letzteren mittels des Magneten wieder in Berührung mit dem Quecksilberfaden gebracht.

Bei dem Maximum- (Quecksilber-) Thermometer nach Hicks verhindert eine Verengung oder eine Knickung der Röhre unmittelbar vor der Kugel den Rückgang des ausgetretenen Quecksilbers, so dafs der Quecksilberfaden bei dem höchsten Stand eingestellt bleibt. Durch Schwingen des Thermometers mit auswärts gerichteter Kugel oder durch Stofsen der letzteren gegen eine elastische Unterlage wird der Faden wieder in die Kugel zurückgebracht und zur nächsten Ablesung vorbereitet.

Dieses Thermometer ist, wie die vorigen (Sixthermometer ausgenommen), in horizontaler Lage aufzustellen und vor stärkeren Erschütterungen zu bewahren.

Aufstellung der Thermometer zur Bestimmung der Lufttemperatur. Auf eine richtige Anbringung der Thermometer ist die gröfste Aufmerksamkeit zu verwenden. Das Thermometer mufs gegen den Regen und gegen direkte Sonnenstrahlung geschützt werden, nicht minder auch gegen die Wärmestrahlung des besonnten Bodens oder naher besonnter Wände. Die Schutzvorrichtung selbst soll sich nur sehr wenig über die Lufttemperatur erwärmen, und sie mufs zugleich der Luft einen möglichst freien Zutritt gestatten. Die Aufstellung an einem den Winden zugänglichen Ort ist jedenfalls günstig. An festen Stationen befestigt man die Thermometer in der Mitte eines weifsangestrichenen Blechkästchens mit jalousieartig durchbrochenen Wänden. Diese Blechkästchen bringt man vor einem Fenster (oder einer Veranda) auf der Nordseite eines Gebäudes (auf der nördlichen Hemisphäre) an, wenigstens $^1/_2$ m von der Hauswand entfernt, am besten im ersten Stockwerk. Oder man stellt eine Jalousiehütte im Freien auf, mit doppeltem Dach, über einem rasenbedeckten Boden und bringt in derselben mindestens $1^1/_2$ m über dem Boden das oben erwähnte Blechgehäuse an. Eine solche

Thermometerhütte soll sehr luftig sein. Es besteht aber immer die Gefahr, dafs die Temperatur in derselben um die Mittagszeit, wenn die Sonne scheint, aber auch abends und morgens, wenn die Jalousiewände derselben von der Sonne getroffen werden, zu hoch wird gegen die Lufttemperatur. Kann man sie in Schatten stellen, ohne Mauern zu nahe zu kommen, so ist das günstig. Aufstellung in Hofräumen ist nicht zu empfehlen, Schatten von Laubbäumen gleichfalls nicht (Änderung vom Sommer zum Winter, gröfsere Luftfeuchtigkeit, das Wachsen des Schattenbaumes und damit ein zeitlich geänderter Temperatureinflufs kommt allerdings in unserm Falle nicht in Betracht). Leichter Schatten unter einem hochstämmigen Nadelholzbaume, dem die unteren Äste ganz fehlen, kann als günstig bezeichnet werden, um gute Lufttemperatur zu erhalten.

In den Tropen mufs vor der üblichen Aufstellung der Thermometer innerhalb einer, wenn auch luftigen Veranda gewarnt werden. Wie Danckelman mehrfach nachweisen konnte, liefern solche Verandaaufstellungen eine zu hohe Temperatur. Man passe die Aufstellung den Lokalverhältnissen an mit Beachtung der oben aufgestellten Vorsichtsmafsregeln.

Am besten werden daselbst die Thermometer (und Hygrometer) in einer speziell zu diesem Zwecke errichteten kleinen Hütte angebracht, die durch ein stark übergreifendes Dach gut geschützt ist. Das Dach aus dichtem Schilf sollte doppelt sein, damit die Luft durchstreichen kann, die Hütte vielleicht rund etwa 2 m Durchmesser, Dach 3 m (also übergreifend), die Instrumente 1 m über dem Boden. Die Hütten müssen stark gebaut sein, damit sie nicht durch Gewitterstürme (Tornados) umgeworfen werden. Wünschenswert ist es, dafs der Schutz, den die Hütte gegen Strahlungseinflüsse gewährt, durch Kontrollbeobachtungen mittels eines Afsmannschen Aspirationshygrometers geprüft werden.

Die Instrumente sind ferner in den Tropen durch einen Drahtkäfig gegen mutwillige Beschädigung durch Leute, Affen, Papageien zu schützen.

Das Barometer ist natürlich nicht in der Thermometerhütte im Freien, sondern in einem Zimmer geschützt aufzustellen, so dafs es gutes Licht zum Ablesen hat, aber nicht von der Sonne beschienen wird. Desgleichen gehören auch die Registrierbarometer in das Zimmer, das Registrierthermometer oder Hygrometer natürlich ins Freie, in die Thermometerhütte. Dieselben müssen aber durch engmaschige Drahtschutzkästchen gegen Affen, Mauerwespen, Spinnen usw.

geschützt werden, die letzteren kriechen besonders gerne in das Uhrwerk.

Für die Anbringung der Beschirmung auf dem Schiffsdeck läfst sich nicht leicht eine andre allgemeine Anweisung geben als: Schutz vor Sonnenstrahlung und Rückstrahlung vom erwärmten Deck, auf Dampfern Vermeidung des Zutritts der heifsen Maschinenluft, möglichst unbehinderter Zutritt der Seeluft. Eine gute Aufstellung von Thermometern an Bord eines Schiffes ist stets eine schwierige Sache.

Das Vorstehende gilt für Beobachtungen während längeren Verweilens an einem Orte.

Auf der Reise selbst und bei kurzen Aufenthalten wird man die oben empfohlenen Thermometeraufstellungen nicht benützen können. Es mufs dann dem Reisenden überlassen bleiben, einen schattigen, auch gegen Rückstrahlung geschützten luftigen Ort auszuwählen, wo das Thermometer möglichst richtige Lufttemperatur annehmen kann.

Auf baumlosen Ebenen, in Wüsten oder auch auf Berggipfeln ist es meist unmöglich, richtige Schatten- (Luft-) Temperatur zu erhalten. Die Temperatur unter Schirmen oder in Zelten entfernt sich weit von der Lufttemperatur. In solchen Fällen verwendet man das sogenannte Schleuderthermometer oder noch besser ein Afsmannsches Aspirationsthermometer. Die Temperaturbestimmung mittels des ersteren besteht darin, dafs ein Thermometer mit kleiner Kugel (das auf der Röhre selbst geteilt ist) mittels einer Schnur, die durch eine Öse am oberen Ende des Thermometers geht, rasch im Kreise herumgeschwungen wird (Vorsicht dabei!), bis dessen Stand stationär geworden ist. Durch die Berührung der Thermometerkugel mit gröfseren Luftmengen (reichliche Lüftung derselben) wird der Einflufs selbst der direkten Sonnenstrahlung ziemlich eliminiert. Eine blanke kleine Kugel reflektiert zudem ohnehin den gröfsten Teil der Strahlung. Man hat jetzt auch mechanische Vorrichtungen, welche das Herumschleudern des Thermometers bequem und sicher ausführen. Man kann solche Thermometer auch verwenden, um die Aufstellung der Thermometer in der Beschirmung zu prüfen, ob sie richtige Temperaturen liefert. Sehr genaue Lufttemperaturen erhält man allerdings auf diesem Wege nicht.

Weit vorzuziehen ist deshalb die Benutzung des Afsmannschen Aspirationsthermometers (siehe am Schlusse). In demselben wird ein durch hochpolierte Metallschirme ohnehin gegen die Strahlung geschütztes Thermometer aufserdem

einer konstanten Luftströmung ausgesetzt (Ventilationsvorrichtung). Mit diesem Thermometer erhält man auch in der Sonne gute Lufttemperaturen. Man hat nur darauf zu achten, daſs die Luftmengen, welche durch den Aspirator dem Thermometer zugeführt werden, nicht etwa schon vorgewärmt sind, indem sie von erwärmten Mauern, von einem erhitzten Sandboden oder über erwärmte Abhänge kommen.

Das Aſsmannsche Aspirationsthermometer ist auch das geeignetste Instrument zur Prüfung der Aufstellung der Thermometer in einer der oben erwähnten Beschirmungen.

Beobachtungszeiten. Es ist zu empfehlen, die Thermometer (sowie die Feuchtigkeitsmesser) wenigstens dreimal im Tage abzulesen, zu einer Morgen-, Mittag- und Abendstunde. Diese Zeiten müssen so gewählt werden, daſs die zu denselben abgelesenen Temperaturen einen Mittelwert liefern, der einem wahren (24 stündigen) Tagesmittel möglichst nahe kommt. Sie sollen auch zugleich von der höchsten und niedrigsten Tagestemperatur eine Vorstellung gestatten.

Als solche Beobachtungszeiten sind zu empfehlen:

6^h	2^h	10^h	9^h vorm.	9^h abends	mit	Max. u.	Min.
7^h	2^h	9^h	10^h "	10^h "	"	"	"
od. 7^h	1^h	9^h	(8^h "	8^h "	"	"	")

In den Tropen 6^h, 2^h, 9^h oder auch 6^h, 2^h, 8^h.

Die gebräuchlichsten Termine sind jetzt 7^h, 2^h, 9^h, das einfache Mittel $\frac{1}{3}(7^h + 2^h + 9^h)$ gibt aber noch zu hohe Temperaturen, wogegen $\frac{1}{4}(7^h + 2^h + 9^h + 9^h)$ sehr nahe richtige Mittelwerte liefert. Dasselbe gilt auch noch für die Termine 7^h, 1^h, 9^h. Von der zweiten empfohlenen Gruppe von Kombinationen, welche die gleichzeitige Benützung eines Maximum-Minimumthermometers voraussetzt, ist die letzte die schlechtere, wie überhaupt zu späte Morgen- und zu frühe Abendstunden (nach 8^ha und vor 9^hp in mittleren und höheren Breiten) möglichst zu vermeiden sind. Die Abendbeobachtung um 9^h ist von besonderen Werte dadurch, daſs um diese Stunde das ganze Jahr hindurch (in mittleren Breiten) ziemlich nahe die mittlere Temperatur des Tages eintritt, und Strahlungseinflüsse auf das Thermometer kaum mehr zu befürchten sind. In den äquatorialen Gegenden tritt die mittlere Tagestemperatur abends schon zu einer früheren Tagesstunde ein (um 7^h und selbst etwas vorher).

Beobachtungen über den täglichen Gang der Temperatur unter besonderen Verhältnissen sind noch immer erwünscht. Gegenwärtig, wo die relativ billigen und leicht transportablen

Thermographen, System Richard, dazu verwandt werden können, kann auch der Reisende Beiträge zur Kenntnis des täglichen Wärmeganges liefern, wie sie besonders aus dem Innern der Kontinente unter niedrigeren Breiten, aus Wüsten oder von trockenen Hochebenen sehr erwünscht sind. Unter ungestörten Witterungsverhältnissen sind schon einzelne sorgfältig aufgenommene Temperaturkurven von Wert. Die allgemeinen Witterungsverhältnisse der betreffenden Tage sind zu notieren und den Kurven beizugeben. Die Thermographen gestatten auch den Einflufs gewisser Lokalwinde und besonderer Witterungsverhältnisse auf den Temperaturgang festzustellen, was allgemein interessante Resultate liefern kann.

Natürlich mufs auf die Aufstellung des Thermographen besondere Vorsicht verwendet werden, um Besonnung und andre Wärmestrahlungseinflüsse den ganzen Tag über zu vermeiden und ungehinderten freien Luftzutritt zu sichern. Auf die richtige Einstellung der Registrierpapierstreifen ist zu achten und merkliche Zeitfehler dabei zu vermeiden. Man mache täglich Zeitmarken durch leichtes Anheben der Schreibfeder. Letztere mufs ganz leicht über das Papier hingleiten, sonst schreibt sie in Staffeln oder bleibt ganz stecken, liefert jedenfalls fehlerhafte Daten. Also Schreibfeder nicht anpressen!

Die Registrierstreifen für das feuchte Tropenklima müssen so präpariert sein, dafs in der sehr feuchten Luft die Farbe nicht zerfliefst (s. zu Ende). Der Registrierapparat ist durch Drahtschutzkästen zu sichern, besonders auch das Uhrwerk gegen Einkriechen von Tieren.

Stündliche oder zweistündliche direkte Ablesungen des Thermometers (des trockenen und nassen Thermometers, Psychrometers s. später) sind in Ermangelung eines Registrierapparates gleicherweise erwünscht, wenn der Reisende Interesse dafür hat und sich durch einen zweiten Beobachter zeitweise vertreten lassen kann. Solche Beobachtungen (aller Elemente) sollten Tag und Nacht fortgesetzt werden, mindestens (für Temperatur und Feuchtigkeit) von Sonnenaufgang bis Mitternacht. Natürlich empfiehlt sich eine derartige immerhin ziemlich odiose Beobachtungsserie nur in klimatisch ganz unbekannten Gegenden und unter besonderen interessanten Witterungsverhältnissen. Der Anempfehlung solcher Beobachtungen in einer früheren Auflage dieser „Anleitung“ verdanken wir die sehr lehrreichen stündlichen Beobachtungsserien des Major von Mechow im Innern von Angola (wie der verdiente Reisende ausdrücklich in seinem Tagebuche

bemerkt), die einen wertvollen Beitrag zur allgemeinen Meteorologie und Klimatologie geliefert haben[1]). Aus 10 bis 14 tägigen Aufzeichnungen unter gleichen oder ähnlichen Witterungslagen lassen sich schon bemerkenswerte Resultate ableiten; es ist dann nicht nötig, daſs die Beobachtungstage sich unmittelbar folgen. Von besonderem Interesse ist es, wenn gleichzeitig mit der Temperatur alle andern meteorologischen Elemente notiert werden, also auch Luftdruck, Feuchtigkeit, Bewölkung, Windrichtung und Stärke. Die gegenseitige Abhängigkeit des täglichen Ganges dieser Elemente voneinander tritt selbst schon aus kürzeren Beobachtungsreihen zutage, und letztere illustrieren die klimatischen Eigentümlichkeiten in bemerkenswerter Weise.

Messungen der relativen Intensität der Sonnenstrahlung. Dazu dienen am besten die Schwarzkugelthermometer im Vakuum (Solarthermometer), besonders wenn sie vorher an einer Normalstation mit einem gleichen Instrument verglichen worden sind. Das Instrument wird ganz im Freien horizontal über einem kurz gehaltenen Rasen aufgestellt und die Angabe des Maximumindex täglich notiert. Nach jeder Ablesung muſs der Index wieder auf das Ende des Quecksilberfadens zurückgebracht werden. Es genügt natürlich (und ist wegen etwaigen Beschädigungen zu empfehlen), das Instrument nur bei Tage zu exponieren. Derartige Beobachtungen sind im trockenen Innern von Kontinenten, auf Hochebenen und auf hohen Berggipfeln besonders zu empfehlen. Die gleichzeitige Ablesung eines blanken (gewöhnlichen), sonst ganz gleich montierten Thermometers (Aktinometer Arago-Davy) gestattet sogar Schlüsse auf die absolute Intensität der Sonnenstrahlung[2]).

Messungen der Intensität des diffusen Tageslichtes (im Interesse der Pflanzenphysiologie und Pflanzengeographie). Es wäre sehr zu wünschen, daſs die Studien über die chemische Intensität des Tageslichtes eine ausgedehntere Pflege als bisher finden würden, nicht um ihrer selbst willen, sondern weil dadurch wichtige Beiträge zur Kenntnis des Lichtklimas erhalten werden könnten.

Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen rühren be-

---

[1]) Resultate aus Major von Mechows meteorologischen Beobachtungen im Innern von Angola. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Febr. 1884, Bd. 89. 19 Tage zu Pungo Andongo, 30 Tage in Malange, und später wieder 15 Tage daselbst. Alle Elemente.

[2]) Ferrel, Zeitschrift für Meteorologie XIX (1884) S. 386 u. S. 500, J. Maurer, Bd. XX, S. 18.

kanntlich von Bunsen und Roscoe her. Aber die von ihnen angewendeten Methoden sind so kompliziert und so schwer zu handhaben, dafs sich nur sehr wenige Forscher bereit fanden, nach diesen Methoden zu arbeiten.

Nun ist es J. Wiesner gelungen, die spätere und verhältnismäfsig einfachere Bunsen-Roscoesche Methode ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit so zu vereinfachen und so expeditiv zu gestalten, dafs einer ausgedehnteren Anwendung derselben nichts mehr im Wege steht [1]).

Wiesner hat bisher Untersuchungen über das photochemische Klima angestellt in Wien, Kairo, Buitenzorg (Java), im nördlichen Norwegen, in der Adventbai (Spitzbergen), endlich im Yellowstonegebiete, daselbst bis zu Seehöhen von 3000 m. Bis auf die amerikanischen Beobachtungen sind alle übrigen schon veröffentlicht.

Wiesner beschränkt sich nicht darauf, die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes zu ermitteln, er bringt auch Daten über das jeweilige Verhältnis des Oberlichtes zum Vorderlicht, über das Verhältnis der Intensität der direkten Strahlung zu der des diffusen Lichtes.

Aufser Wiesner haben sich bereits mehrere Forscher mit Studien über das photochemische Klima beschäftigt. Aber keiner hat den Gegenstand so eingehend studiert als Prof. P. Franz Schwab, Direktor der Sternwarte zu Kremsmünster, welcher die Resultate seiner fünfjährigen, in Kremsmünster angestellten, systematisch durchgeführten Beobachtungen in übersichtlicher Form kürzlich veröffentlicht hat [2]).

Da eine Beschreibung der Methode der Lichtmessung und eine Anleitung zu deren Anwendung auf Reisen hier nicht gegeben werden kann, war es nötig, spezieller auf die Arbeiten zu verweisen, wo die nötigen Auskünfte zu finden sind.

Nächtliche Wärmeausstrahlung. Dieselbe ist ein wichtiger klimatischer Faktor und die Beobachtung derselben ist sehr zu empfehlen. Zur Bestimmung derselben dient ein Minimumthermometer, das frei, unbeschützt, auf kleinen Stützen horizontal unmittelbar über einem kurzgehaltenen Rasen angebracht wird. Das Instrument kann bei Tage wieder aufbewahrt werden, was sich deshalb empfiehlt, weil in voller Sonne der Weingeist verdampft und sich leicht-

[1]) Die Methode ist genau beschrieben in Denkschr. der Wiener Akad. d. Wiss., Bd. 64 (1896). Daselbst, ferner l. c. Bd. 67 (1898), sind Wiesners bisher ausgeführten Untersuchungen über das photochemische Klima veröffentlicht.

[2]) Denkschrift der Wiener Akad. d. Wiss. Bd. 74 (1904).

dadurch Fehler in der Ablesung einstellen, wenn er sich am oberen Ende in merklicher Menge wieder kondensiert ansammelt. Darauf hat man, wie schon früher bemerkt, bei allen Weingeist-Minimumthermometern zu achten.

Die Differenz zwischen der Angabe des nächtlichen Minimums an diesem Thermometer und dem Minimum der Lufttemperatur, welches an dem beschirmten Minimumthermometer in gröſserem Abstande von dem Erdboden abgelesen wird, entspricht dem Betrage der Abkühlung der Bodenoberfläche unter dem Einflusse der nächtlichen Wärmeausstrahlung. Diese Differenz kann bei heiterem Himmel in trockenen Klimaten recht groſs werden, und deren Feststellung ist von erheblichem Interesse.

An pflanzenleeren Orten kann man das Minimumthermometer unmittelbar auf den Boden legen (und einigermaſsen befestigen), um die Erkaltung des festen Erdbodens unter dem Einflusse der Wärmeausstrahlung zu bestimmen. Ist eine Schneedecke vorhanden, so legt man das Minimumthermometer auf die Schneeoberfläche. Die Bestimmung der nächtlichen Erkaltung der Schneeoberfläche unter die Lufttemperatur ist von erheblichem Interesse besonders in Hochtälern oder auf Hochebenen. Die Bewölkung und die Windstärke sind dabei zu beachten, da sie den Grad der nächtlichen Erkaltung der Schneeoberfläche in hohem Grade beeinflussen.

Bodentemperatur. Beobachtungen der Bodentemperatur, wie sie auf einer Reise angestellt werden können, selbst bei längeren Aufenthalten an einem Orte, können sich selbstverständlich nur auf jene Messungen beziehen, welche in klimatischer Beziehung und für pflanzenbiologische Zwecke von Interesse sind. Es sind dies in erster Linie Beobachtungen der Temperatur der Bodenoberfläche selbst, dann vielleicht noch Beobachtungen in 50 oder 60 cm und in 1 m Tiefe. Da in diesen Tiefen die tägliche Wärmeschwankung schon nahezu oder ganz verschwunden ist, so genügt daselbst eine einmalige tägliche Messung. An der Bodenoberfläche selbst wäre das Maximum derselben zu bestimmen, die Messung des Minimums ist schon oben empfohlen worden. Die höchste Temperatur der Bodenoberfläche tritt durchschnittlich bald nach Mittag ein, etwa um 1^h. Hat man kein Maximumthermometer zur Verfügung, so müssen die Ablesungen des Thermometers auf dem Erdboden um diese Zeit gemacht werden. Das auf dem Boden liegende Thermometer sollte mit einer ganz dünnen Erdschicht bedeckt sein, denn die blanke Kugel selbst nimmt nicht die Temperatur der Boden-

oberfläche an. Man könnte die Thermometerkugel etwa mit etwas Firnis bestreichen und dann mit gesiebter Erde bestreuen, welche dann vom Regen nicht weggewaschen wird. Man kann auch das Thermometer mit einer Erdschicht von nicht über 1 cm bedecken, es macht dies wenig Unterschied. Solche Messungen der Temperatur der Bodenoberfläche unter verschiedenen Klimaten in verschiedenen Seehöhen haben, verglichen mit der Lufttemperatur, für die Pflanzengeographie erheblichen Wert. Dabei ist die Neigung und die Exposition der Bodenoberfläche anzugeben, wenn der Boden nicht ganz eben ist. Beobachtungen über den Einfluſs der Exposition und Neigung auf die Bodenwärme bis zu 1 m Tiefe etwa sind gleichfalls von groſsem Interesse, namentlich in gröſseren Seehöhen.

Um die Bodentemperatur in $^1/_2$ und 1 m Tiefe beobachten zu können, sind schon besondere Vorkehrungen nötig, da Thermometer zum Eingraben von der erforderlichen Länge, um die Temperatur auſsen über dem Boden ablesen zu können, nicht gut auf Reisen in Verwendung kommen können. Bequeme zweckmäſsige Bodenthermometer findet man am Schluſs angegeben.

Die Bodentemperatur ist an der ungeschützten, natürlichen Bodenoberfläche zu beobachten, nicht an künstlich beschatteten, oder irgendwie bedeckten Stellen. Es handelt sich ja hier nicht um Beobachtungen zu physikalischen Zwecken, für welche man die einfachsten Verhältnisse herzustellen sucht.

Man hat früher angenommen, daſs die Bodentemperatur in jener Tiefe, in welcher die jährliche Periode schon nahezu verschwunden ist, dem Jahresmittel der Lufttemperatur sehr nahe kommt. Von dieser Voraussetzung ist namentlich Boussingault ausgegangen bei seinen zahlreichen Messungen der Bodentemperatur in den Anden von Südamerika. Diese Annahme hat sich aber als irrig herausgestellt. Die Bodentemperatur ist überall erheblich höher als die mittlere Luftwärme des Ortes, die Differenz zwischen Luft- und Bodenwärme ist zudem nach den örtlichen Verhältnissen so schwankend, daſs man nicht von der einen auf die andre schlieſsen kann.

Es kann daher nur eine Aufgabe für gröſsere wissenschaftliche Expeditionen sein, die Bodentemperatur in Tiefen von 5 und 10 m, wo sie schon nahe konstant geworden, zu bestimmen und sich zu diesem Zwecke mit Erdbohrern und entsprechenden Bodenthermometern zu versehen.

Messungen der Quellentemperaturen und etwa auch des Grundwassers (wo Gelegenheit dazu geboten) können nur mit Vorsicht zur Bestimmung der Bodenwärme verwendet werden. Da aber solche Messungen leicht ausgeführt werden können, sind sie zu empfehlen[1]).

Auch Messungen der Temperatur des Flufswassers können von Interesse sein.

Luftfeuchtigkeit. Die Luftfeuchtigkeit, namentlich die relative Feuchtigkeit (der Grad der Sättigung der Luft mit Wasserdampf) ist ein so wichtiges meteorologisches Element, dafs die Messung derselben, zugleich mit der Lufttemperatur, dem Reisenden, der überhaupt meteorologische Beobachtungen anstellen will, sehr zu empfehlen ist.

Als Instrumente zur Messung der Luftfeuchtigkeit kommen auf Reisen wohl nur in Betracht: das Psychrometer oder (und) das Haarhygrometer. Da das letztere, auf Reisen namentlich, leicht in Unordnung kommen kann, so ist dessen alleinige Verwendung, ohne Gelegenheit, es zuweilen mit einer Feuchtigkeitsbestimmung auf anderm Wege, also mittels des Psychrometers oder eines Taupunkthygrometers, vergleichen zu können, kaum zu empfehlen. Zum mindesten mufs man Gelegenheit haben, sich zuweilen zu überzeugen, dafs das Hygrometer in gesättigt feinster Luft nahezu 100 % Feuchtigkeit anzeigt.

Das Haarhygrometer in guter Ausführung ist das bequemste Instrument zu regelmäfsigen, häufigeren Ablesungen der relativen Feuchtigkeit, die es unmittelbar angibt, was gleichfalls ein Vorteil ist[2]). Bei sehr tiefen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ist es geradezu unentbehrlich.

Das Psychrometer, das gewöhnlichste Instrument zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, besteht aus einem gewöhnlichen Thermometer, dem ein zweites, ganz gleiches beigegeben ist, dessen Kugel aber feucht gehalten wird. Die Verdampfungskälte erniedrigt die Temperatur desselben, und die Differenz zwischen den Angaben des trockenen Thermometers und

---

[1]) F. v. Kerner hat gezeigt, dafs man aus den Quellentemperaturmessungen ganz gute Resultate über die Bodentemperaturen und deren Änderung mit der Höhe ableiten kann. (Wiener Sitzungsber. April 1903 B. CXII.)

[2]) Man kann aus der relativen Feuchtigkeit und der gleichzeitigen Lufttemperatur den Dampfdruck oder die absolute Feuchtigkeit sehr bequem jederzeit unmittelbar erhalten mittels der „Hygrometertafeln zur Berechnung des Dampfdruckes“, Leipzig, Engelmann 1904, 8 Seiten in Quart.

jenen des feuchten, die sogenannte psychrometrische Differenz ist ein Maſs für die Luftfeuchtigkeit, die allerdings aus diesen Angaben erst berechnet werden muſs[1]).

Hat man eine Tabelle der maximalen Spannung des Wasserdampfes zur Verfügung und verwendet man, wie es auch am besten ist, ein Aspirationspsychrometer oder ein Schleuderpsychrometer, so ist bei dem Luftdruck in der Nähe der Erdoberfläche (760 bis 740 mm) der Dampfdruck aus den Angaben des trockenen Thermometers t und des feuchten t' auſserordentlich einfach zu berechnen. Man entnimmt der erwähnten Tabelle die zur Temperatur t' gehörige maximale Dampfspannung e' und zieht davon die halbe Psychrometerdifferenz $(t - t')$ ab. Derart erhält man den herrschenden Dampfdruck e. Dividiert man denselben durch den maximalen Dampfdruck E, der bei der herrschenden Temperatur (t des trockenen Thermometers) möglich wäre, so erhält man die relative Feuchtigkeit.

Die Rechnung nach der erwähnten Formel

$$e = e' - 0,5 \cdot (t - t')$$

ist sehr einfach z. B.:

Es wurde abgelesen (28. März 1892, Budweis).

Trockenes Thermometer $t = 18.6^{\circ}$, nasses $t' = 12.7^{\circ}$.

Für 12.7° ist die maximale Dampfspannung $e' = 10.92$ mm, somit herrschender Dampfdruck

$$e = 10.92 - 0.5 \cdot 5,9 = 7.97 \text{ mm.}$$

Für 18.6° ist E 15.92 mm. Relative Feuchtigkeit somit $7.97 : 15.92 = 50\,\%$.

Weiteres Beispiel:

Temperatur der Luft $t = 20.5^{\circ}$
Temperatur des feuchten Thermometers $t' = 15.6^{\circ}$.

Für 15.6° ist die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes 13.2 mm; $t - t' = 4.9$ dividiert durch $2 = 2.5$

$$e = 13.2 - 2.5 = 10.7 \text{ mm.}$$

Zu 20.5° Luftwärme gehört die maximale Spannkraft 17.9 mm, somit relative Feuchtigkeit $10.7 : 17.9 = 60\,\%$.

Eine kleine Tabelle der Spannkraft gesättigter Wasser-

[1]) Jelineks Psychrometertafeln, Leipzig 1903, gestatten mittels der Temperatur des trockenen und des nassen Thermometers, ohne weitere Berechnung direkt den Dampfdruck und die relative Feuchtigkeit aufzufinden.

dämpfe für die gewöhnlichen Lufttemperaturen findet man am Ende dieses Abschnittes[1]).

Da es zuweilen dem Reisenden von Interesse sein mag, sich selbst aus den abgelesenen Psychrometerständen die zugehörige Luftfeuchtigkeit gleich zu berechnen, so dürfte der Hinweis auf die obige einfache Formel und auf die kleine Spannkrafttabelle erwünscht sein.

Die Psychrometerdifferenz ist auch an sich von Interesse, da sie erstlich ein Mafs für das Wärmegefühl ist, je gröfser diese Differenz, um so weniger drückend wird eine hohe Lufttemperatur empfunden und umgekehrt; und zweitens, da sie auch ein Mafs für die Gröfse der Verdunstung abgibt. Die Verdunstung ist der Psychrometerdifferenz einfach proportional. Genähert kann man sagen, dafs einer Psychrometerdifferenz von 1° eine Verdunstungshöhe von etwas mehr als 0.08 mm pro Stunde entspricht.

Die Temperatur des feuchten Thermometers t' hat Harrington als Mafs des Temperaturgefühls genommen und die sensible Temperatur genannt. Wenn, wie es in sehr trockenen Gegenden der Fall sein kann, die Lufttemperatur 35° ist, das feuchte Thermometer aber nur 20° zeigt (in Wüsten kann es bei 40° auch 20° und selbst noch weniger zeigen), so entspricht unser Hautgefühl einer Temperatur von nur 20°, weil die durch Transpiration feuchte Hautoberfläche durch die Verdunstung bis auf 20° abgekühlt werden kann. Diese Annahme trifft zwar nicht völlig zu, es kommt ihr aber immerhin eine reelle Bedeutung zu.

Beobachtungen der Luftfeuchtigkeit am Psychrometer haben deshalb in mehrfacher Beziehung eine gröfsere Bedeutung für die Beurteilung des Klimas einer Erdstelle.

Behandlung des Psychrometers. Das Psychrometer erfordert eine gewisse Aufmerksamkeit, wenn es richtige Angaben liefern soll. Von der Aufstellung gilt das, was früher von der Aufstellung des Thermometers gesagt worden ist, nur ist es beim Psychrometer noch viel nötiger, dafs das feuchte Thermometer einem steten Luftzug ausgesetzt ist, sich nicht in stagnierender Luft befindet. Vorzuziehen wären Thermometer

---

[1]) Für gröfsere Seehöhen, d. h. niedrigeren Luftdruck, mufs der Faktor 0.5 etwas geändert werden, da er dem Luftdruck umgekehrt proportional ist. Die Werte desselben für verschiedene Seehöhen sind:

Höhe	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500 m
Faktor	·48	·45	·42	·40	·37	·35	·33

Es mufs aber erwähnt werden, daß die obige so höchst einfache Psychrometerformel nur genähert richtig ist.

mit Aspirationsvorrichtung. In ganz ruhiger Luft gibt das Psychrometer eine zu hohe Feuchtigkeit an (der Faktor für $t - t'$ müfste dann auf 0.7 bis 0.8 erhöht werden, bei leicht bewegter Luft wäre 0.6 zu nehmen).

Die Thermometer des Psychrometers müssen, wenn beide trocken, ganz genau übereinstimmen, also von bewährten Werkstätten bezogen sein. Es bleibt übrigens immer notwendig, sich davon zuweilen zu überzeugen, indem man beide in ein gröfseres Wasserbehälter bringt und die in selbem bewegten Thermometer gleichzeitig abliest.

Bei niedrigeren Temperaturen namentlich bedingt schon ein kleiner Fehler in den Zehntelgraden der Psychrometerdifferenz erhebliche Fehler in der daraus bestimmten Luftfeuchtigkeit.

Man darf daher nicht als feuchtes Thermometer ein beliebiges Thermometer dem trockenen beigesellen.

Die Kugel des „nassen Thermometers" wird mit dünnem ausgewaschenen Baumwollenzeug (Musselin) überzogen und diese stets rein gehaltene Hülle einige Zeit vor der Ablesung mit reinem Wasser (Regenwasser etwa) befeuchtet. Man achte sorgfältig darauf, die Ablesung nicht früher vorzunehmen, bis die Abkühlung oder Erwärmung durch das aufgetropfte Wasser keinen Einflufs mehr haben kann. Man erkennt dies daraus, dafs der Stand des feuchten Thermometers konstant geworden ist. Wenn die Hülle durch Staub usw. verunreinigt worden ist, ist dieselbe durch eine neue zu ersetzen. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt wird die Behandlung des Psychrometers schwierig und dasselbe oft unzuverlässig. Die Eishülle mufs ganz dünn gehalten werden. Am besten nimmt man dann seine Zuflucht zu einem geprüften Haarhygrometer.

Bei längerer Aufstellung des Psychrometers an einem Orte kann man die Befeuchtung des Thermometers von Fall zu Fall umgehen, indem man die Musselinhülle mit einem zopfartigen Anhang versieht, welcher in ein kleines Wasserbehältnis eintaucht, und so die Hülle durch Kapillarwirkung beständig feucht erhält. Der kleine Wassernapf, der am Psychrometerrahmen montiert ist, wird den Psychrometern beigegeben. Man versehe sich aber mit dem nötigen Materiale zum Wechsel passender Hüllen für das nasse Thermometer.

Wissenschaftlichen Expeditionen (für welche allerdings diese Anleitung nicht geschrieben ist) wäre zu empfehlen, in sehr trockenen Klimaten und auf grofsen Höhen oder bei hohen Temperaturen durch gleichzeitige Ablesungen am

(ventilierten) Psychrometer und an einem absoluten Hygrometer (Taupunkthygrometer von Alluard z. B.) Beiträge zur Verbesserung der Psychrometerformel zu liefern.

Luftdruck. Der Reisende wird Luftdruckbeobachtungen hauptsächlich zum Zwecke von Höhenbestimmungen anstellen. An Orten längeren Aufenthaltes ist es allerdings wünschenswert, zugleich mit den Ablesungen der andern meteorologischen Elemente auch das Barometer abzulesen.

Zu hypsometrischen Zwecken sind geprüfte, und öfter wieder zu prüfende Metallbarometer, Aneroide, am bequemsten zu verwenden und genügen dann auch völlig für Höhenunterschiede bis zu 1000 m und mehr. Bei etwas längeren Aufenthalten sollen die Aneroide mit einem Quecksilberbarometer, oder wenn dieses mangelt, mit einem geprüften Thermometer durch eine Bestimmung des Siedepunktes verglichen werden, besonders dann, wenn die Aneroide gröfseren Höhenänderungen ausgesetzt gewesen sind. Geprüfte „Thermohypsometer" können zu diesem Zwecke ein Quecksilberbarometer völlig ersetzen, aber nur, wenn der Reisende sich vorher in genauen Siedepunktbestimmungen gut eingeübt hat; denn die Bestimmung des Siedepunktes des Wassers (besser gesagt, der Temperatur des Wasserdampfes über dem siedenden Wasser, denn diese soll gemessen werden) mufs sehr genau sein; es müssen noch die Hundertstelgrade richtig sein, wenn die Siedepunktbestimmung die Ablesung eines Quecksilberbarometers ersetzen soll. Bei einem Siedepunkt von 100° C. entspricht einem Zehntelgrade C. eine Luftdruckdifferenz von 2.7 mm, demnach ist ein Hundertstelgrad noch fast 0.3 mm Luftdruck äquivalent. Bei einem Siedepunkt von 90° in zirka 3000 m Seehöhe entspricht 0.01° Siedepunktdifferenz einer Luftdruckdifferenz von 0.2 mm.

Siedepunktbestimmungen müssen demnach sehr genau sein, sonst sind sie ganz wertlos. Wenn sich aber der Reisende mit einem gut konstruierten Apparat zu Siedepunktbestimmungen und den dazu gehörigen, genau verifizierten Thermometern (man verlange Prüfungsschein der physikalisch-technischen Reichsanstalt) versehen und an einem Observatorium oder einem physikalischen Institut in genauen Bestimmungen des Siedepunktes sich gut eingeübt hat, so kann er ein Quecksilberbarometer völlig entbehren und sich dadurch einer grofsen Last und Sorge entledigen.

Der Transport des Siedeapparates ist bequem, die Ther-

mometer (ein Reservethermometer nötig!) in ihren Blechhülsen ertragen die Reisestrapazen sehr gut, nur bei der Benützung ist Vorsicht nötig.

Die Siedepunktbestimmungen müssen in einem windgeschützten Raume mit Mufse vorgenommen werden, und das benutzte Wasser mufs ganz rein (darf nicht etwa hart) sein (reines Regenwasser z. B., oder destilliertes Wasser). Dieser Umstand kann allerdings die Kontrolle der Aneroide auf Berghöhen oft schwierig machen.

Die Aneroide müssen von bewährten Firmen bezogen werden, wenn man verläfsliche Resultate mit ihnen erzielen will. Sie sollen kleine oder wenigstens sicher bestimmte Temperaturkoffizienten haben und keine Teilungsfehler aufweisen. Eine Bewegung des Zeigers um 10 Skalenteile z. B. mufs auch einer Luftdruckänderung um 10 mm entsprechen, d. i. jeder Skalenteil mufs einem Millimeter äquivalent sein. Will man das Aneroid für grofse Seehöhen benutzen, so begnüge man sich nicht damit, dafs die Teilung auf dem Aneroid für den daselbst zu erwartenden Luftdruck noch ausreicht; man überzeuge sich selbst, ob das Aneroid bei diesem Luftdruck auch richtig funktioniert, was zuweilen nicht der Fall ist. Davon kann man sich durch einen Versuch unter dem Rezipienten einer Luftpumpe überzeugen.

Die (veränderliche) Standkorrektion des Aneroids (die sogen. konstante Korrektion!) mufs auch auf der Reise, wie schon bemerkt, öfter durch einen Vergleich mit einer genauen Siedepunktbestimmung oder einer Ablesung am Quecksilberbarometer bestimmt werden, da Erschütterungen des Instrumentes auf der Reise oder gröfserer Höhenänderungen dieselbe ändern können. Es genügt keineswegs, sich vor der Abreise an einem Observatorium diese Standkorrektion bestimmen zu lassen. Auch wenn sie nach der Rückkehr konstant geblieben zu sein scheint, ist man deshalb noch nicht sicher, dafs sie auch auf der Reise immer dieselbe geblieben, ganz besonders wenn auf derselben grofse Höhenunterschiede vorgekommen sind.

Es ist sehr vorteilhaft, wenigstens zwei Aneroide mitzunehmen, um stets eine Kontrolle des Standes derselben zu haben. Bei Bestimmung gröfserer Höhendifferenzen ist dies besonders von Nutzen, da man die Ablesung vor und nach einer Bergbesteigung dann am gleichen Instrument, das unten zurückgelassen worden ist, vornehmen kann. Das andre, aus einer gröfseren Höhe herabgebrachte Instrument wird in

vielen Fällen noch eine Weile zu niedrige Ablesungen geben. Höhendifferenzen bis zu und noch etwas über 1000 m kann man fast im Kopfe nach folgender einfacher Regel berechnen.

Die Differenz der Ablesung am Instrument oben und unten (für den unteren Stand das Mittel der Ablesung unten vor und nach der Besteigung eingeführt) wird mit der barometrischen Höhenstufe multipliziert und gibt dann unmittelbar den gesuchten Höhenunterschied. Die barometrische Höhenstufe (in Meter) erhält man, indem man die Zahl 8000 durch das Mittel des Barometerstandes oben und unten (B + b : 2) dividiert. Ganz richtig ist die so gefundene Höhenstufe nur bei einer mittleren Temperatur von 0°. Bei höheren Temperaturen mufs dieselbe noch um 0.4 Prozent für jeden Grad mittlerer Lufttemperatur (Mittel von oben und unten) erhöht werden[1]).

Das Quecksilberbarometer als Reiseinstrument. Bleiben hinlänglich genaue Siedepunktbestimmungen aufser Betracht, so müssen die Aneroide zeitweilig mit einem Quecksilberbarometer verglichen werden. Zu den Reisebeobachtungen selbst soll man dann immerhin noch die Aneroide verwenden, um das Quecksilberbarometer leichter vor Schaden zu bewahren, auch der Bequemlichkeit der Ablesungen wegen. An hohen Stationen soll aber dann das Quecksilberbarometer zur Luftdruckbestimmung dienen (wenigstens einmal im Tage neben der Ablesung des Aneroids, das als Beobachtungsinstrument dient).

Als Quecksilberbarometer ist das Reisebarometer von Fuefs (Hellmann) zu empfehlen, oder das Darmersche Barometer (s. am Schlusse). Das Quecksilberbarometer ist vor und nach der Reise (womöglich auch während der Reise) an einem Observatorium mit einem Hauptbarometer zu vergleichen. Die Ablesungen am Barometer und attachierten Thermometer, wenn tunlich wenigstens zehn an verschiedenen Tagen, werden in das Tagebuch eingetragen in den Originalmafsen, ohne

---

[1]) Z. B. Ablesung (eventuell korrigiert) unten: Barometer (B) = 720.5 mm, Temperatur (T) 20°, Ablesung oben: Barometer (b) = 630.3 mm, Temperatur (t) = 14°. Ablesung unten nach Rückkunft $B = 719.4$, $T' = 21°$. Barometrische Höhenstufe: 8000 dividiert durch (720 + 630) : 2 = 8000 : 675 = 11.85 m. Korrigiert wegen ($T + t$) : 2 = 17° d. i. 17 multipliziert mit 0.4 % = 6.8 %, 11.75 × 6.8 % = 0.80, korrigierte Höhenstufe somit 12.65. Also Höhenunterschied $B - b = 719.9 - 630.3 = 89.6 \times 12.65 = 1133.5$ m.

Reduktion derselben[1]). Auch auf Schiffen findet man jetzt häufig vorher in Hamburg oder Kew verglichene Barometer, die zu Vergleichungen (nur bei ruhiger See, wo die Barometer nicht „pumpen") dienen können.

Einige Bemerkungen über die Ablesungen am Quecksilberbarometer: Dieselben erfolgen immer in der Art, dafs der untere Rand des Nonius auf die Quecksilberkuppe derart eingestellt wird, dafs er den Meniskus eben tangiert. Zu diesem Zwecke wird der Noniusrand von oben herab mit dem Meniskus in optische Berührung gebracht. Das Auge des Beobachters mufs sich dabei genau in der Höhe des Meniskus befinden, was man dann erreicht hat, wenn der hintere untere Rand des Nonius mit dem vorderen in derselben Ebene erscheint, sich also beide zu decken beginnen. Bei Heberbarometern mufs die Einstellung auf dieselbe Weise auch am kürzeren Schenkel erfolgen; die Ablesungen an beiden Schenkeln werden in das Beobachtungsjournal eingetragen. Das attachierte Thermometer wird vor der Ablesung des Barometers abgelesen, weil sonst während der Einstellung und Ablesung des letzteren das Thermometer rascher steigt als das Quecksilber im Barometer. Man vermeide, dafs die Sonne während oder vor der Ablesung das Barometer bescheint, ebenso die Nähe eines geheizten Ofens.

Während der Reise überzeugt man sich von der Unversehrtheit des Vakuums im Barometer durch ein nicht zu schnelles Steigen desselben, so dafs das Quecksilber an das obere geschlossene Ende der Röhre anschlägt. Ist der Ton hell, metallisch klingend, so ist das Barometer noch luftleer, ist er matt und dumpf, so ist wahrscheinlich etwas Luft eingedrungen, auch wenn man noch keine Luftblase bemerkt. Schiffsbarometer mit (unten) verengten Röhren geben aber nie einen starken hellen Ton beim Ansteigen des Quecksilbers. Der Transport des Barometers erfolgt in der Art, dafs man dasselbe langsam neigt, bis das Quecksilber das Vakuum erfüllt hat, und es dann ganz umkehrt. Die gewöhnliche Stellung des Instrumentes beim Ablesen ist die gefährlichste für den Transport in bezug auf das Eindringen von Luft in das Vakuum. In aufrechter Stellung soll das Quecksilberbarometer nie getragen werden.

Die Zeiten für die Ablesungen des Barometers bei einem

---

[1]) Da sonst leicht Irrtümer sich einschleichen. Das englische Barometer z. B. mufs zuerst auf den Gefrierpunkt reduziert werden, dann erst dürfen die englischen Zolle in Millimeter verwandelt werden.

längeren Aufenthalt an einer Station sollen dieselben sein wie jene für die andern Elemente. Da der tägliche Gang der Temperatur (sowie auch jener der relativen Feuchtigkeit, der ersterer nahe gleich, aber entgegengesetzt verläuft) der ausgesprochenste ist und schon wegen der Gewinnung vergleichbarer Mitteltemperaturen die meiste Beachtung erheischt, derselbe überdies fast auf alle andern meteorologischen Elemente bestimmend einwirkt, so mufs sich die Wahl der Beobachtungszeiten nach dem Gange der Temperatur richten, und von diesem Gesichtspunkt aus sind früher einige der günstigsten Beobachtungstermine aufgestellt worden. Der Gang des Luftdruckes weicht nun allerdings von jenem der Temperatur ganz erheblich ab (er hat zwei Maxima um 9^h oder 10^h morgens und abends und zwei Minima um 3^h oder 4^h morgens und nachmittags), erfordert aber auch keine besondere Berücksichtigung. Erstlich ist die tägliche Schwankung gering, die Tropenzone ausgenommen, dann ist kein besonderes Bedürfnis für Tagesmittel des Luftdruckes vorhanden, und schliefslich ist der tägliche Gang so weit bekannt und so übereinstimmend in nahe gleichen Breiten, dafs man aus regelmäfsigen Ablesungen zu beliebigen Stunden auch vergleichbare Luftdruckmittel ableiten kann. Man hat früher oft Wert darauf gelegt, die täglichen Luftdruckmaxima und -minima zu bestimmen, und deshalb die Beobachtungstermine nach denselben geregelt. Eine bessere Einsicht in das Wesen des Phänomens der täglichen Barometeroszillation hat aber gelehrt, dafs mit der blofsen Kenntnis der täglichen Extreme des Barometerstandes theoretisch nichts erreicht wird, und praktisch sind dieselben auch von keiner Bedeutung.

Will man die Kenntnis des täglichen Barometerganges wirklich fördern, so kann dies nur durch Aufstellung eines Barographen geschehen, wie sie jetzt zu relativ billigen Preisen zu haben sind und dabei aufserordentlich bequem zu bedienen sind. Es ist daher dem Reisenden sehr zu empfehlen, einen Barographen (System Richard) mitzunehmen und an allen Orten längeren Aufenthaltes funktionieren zu lassen.

Sollen die Aufzeichnungen eines Barographen wissenschaftlichen Wert haben, so sind folgende Punkte zu beachten.

Erstlich mufs der Uhrgang desselben überwacht werden. In vielen Fällen sind die den Barographen beigegebenen Uhren nicht verläfslich, sie gehen schon im Laufe eines Tages stark vor oder bleiben zurück, was dann in den acht Tagen, für

welche ein Blatt der Registrierpapiere reicht, zu groben Irrtümern führen kann. Selbst wenn man den Uhrgang kennt, wird die Reduktion der Aufzeichnungen durch gröſsere Fehler desselben sehr erschwert. Man soll deshalb den Uhrgang vor der Reise nach Möglichkeit regulieren lassen. Auf alle Fälle aber, selbst wenn die Uhr gut geht, soll jeden Tag auf dem Papier eine Zeitmarke gemacht werden, was leicht schon durch stärkeres Klopfen auf den Deckel des Instrumentes erreicht wird. Natürlich muſs diese Zeit bekannt sein, weshalb es vorzuziehen ist, jeden Tag zu einer ganz bestimmten (genauen) Zeit die Marke auf dem Papier zu machen.

Zweitens muſs der Wert eines Skalenteils bekannt sein, d. h. geprüft werden, ob die Teilung am Autographenpapier richtig ist. Wo gröſsere Barometerschwankungen innerhalb des Zeitraums, für welchen die Autographenpapiere reichen, vorkommen, genügt es, bei sehr hohen und tiefen Barometerständen die direkten (reduzierten) Ablesungen am Quecksilberbarometer mit den entsprechenden registrierten Werten des Luftdruckes zu vergleichen. Die abgelesene und die aufgeschriebene Luftdruckschwankung muſs übereinstimmen, wenn die Teilung richtig ist. Sonst kann man, wo Gelegenheit, die gröſsere Druckschwankung auch dadurch hervorrufen, daſs man das Instrument auf eine Anhöhe trägt (100 Meter Höhendifferenz wären dazu aber jedenfalls nötig) oder den Stand eines Quecksilberbarometers abliest und mit der Registrierung vergleicht. Es ist aber zu beachten, daſs die Autographenpapiere verschiedener Herkunft immer wieder neu geprüft werden müssen.

Drittens muſs man sich dessen versichern, daſs der Barograph keinen gröſseren Temperaturkoeffizienten hat. Bringt man ihn rasch aus einem wärmeren in einen kälteren Raum und umgekehrt, so soll dies keine Luftschwankung verursachen (es muſs aber dabei die Kassette, in welcher der Barograph sich befindet, geöffnet werden). Man kann auf diese Weise, wenn zugleich die Temperatur in der Barographenkassette abgelesen wird, einen etwaigen merklichen Temperaturkoeffizienten feststellen. In allen Fällen soll aber der Barograph vor gröſseren Temperaturschwankungen bewahrt werden durch zweckmäſsige Wahl des Aufstellungsortes.

Viertens muſs beim Einlegen des Papiers beachtet werden, daſs dasselbe nicht schief eingelegt wird, namentlich dabei darauf gesehen werden, daſs die Autographenpapiere am unteren Rande nicht schief beschnitten sind, sondern

dieser Rand der Teilung parallel verläuft. Die Feder mufs zu jener Stunde zu schreiben beginnen, welche der Zeitskala oben am Rande entspricht.

Werden diese Punkte beachtet, so können, selbst ohne weitere Kontrolle, d. h. ohne Rücksicht auf die absoluten Luftdruckwerte, die Autographenstreifen hinterher reduziert und zur Ableitung des täglichen Ganges des Barometers verwendet werden. Empfehlenswert sind allerdings auch Ablesungen am Quecksilberbarometer zur Auswertung der Autographenzeichnungen in richtigen Barometerständen. Aber das Fehlen eines Quecksilberbarometers macht die Autographenzeichnungen nicht wertlos, wenn die obigen vier Punkte beachtet worden sind. Man kann die Aufzeichnungen trotzdem zu einer genauen Feststellung des täglichen Barometerstandes verwerten. Im Innern der Kontinente, an Meeresküsten mit starken Seewinden, auf Hochebenen und in Hochtälern, bei Gewittern und Auftreten spezifischer Lokalwinde usw. wird man manche interessante Barometerkurven erhalten, welche auch wissenschaftliches Interesse beanspruchen können. Wer also Gelegenheit dazu hat, unterlasse nicht, einen guten und geprüften Barographen mitzunehmen und an Orten längeren Aufenthaltes funktionieren zu lassen. Schliefslich mag noch bemerkt werden, dafs bei längeren Ablesungen an einem Quecksilberbarometer (oder auch Aneroiden, die durch genaue Siedepunktbestimmungen kontrolliert werden) es wünschenswert erscheint, dafs, falls der Beobachtungsort an oder in grofser Nähe der Küste sich befindet, die Seehöhe des Barometers mit möglichster Genauigkeit ermittelt werde.

Messung der Niederschläge. Dieselbe wird nur an Orten längeren Aufenthaltes vorgenommen werden können, und nur in Gegenden, wo auch kürzere Beobachtungsreihen Interesse haben, also in klimatisch bisher ganz unbekannten Teilen der Erde[1]). Ist ein längerer Aufenthalt an einem Orte, mindestens einen vollen Monat umfassend, nicht beabsichtigt, so lohnt es sich kaum, einen Regenmesser mitzunehmen. Wegen der grofsen Veränderlichkeit der Niederschläge sind dieselben dasjenige meteorologische Element, dessen Messung für den Reisenden am wenigsten wissenschaftliches Interesse hat.

---

[1]) Die Regenmessungen von Livingstone auf seinen mehrjährigen Missionsreisen in Zentralafrika 1866/71 sind von Rev. H. Waller zusammengestellt worden und liefern noch jetzt einen schätzbaren Beitrag zu den Regenverhältnissen daselbst. Report British Assoc. 1894. Oxford. Section E. S. 5.

Auf leicht transportable Regenmesser wird am Schlusse hingewiesen werden. Der Regenmesser wird auf ebenem Boden, etwa 1 höchstens 2 m über dem Boden, so aufgestellt (Sicherung gegen Umwerfen durch den Wind), dafs Häuser, Bäume oder andre denselben überhöhende Objekte weit genug von ihm entfernt bleiben, so dafs der Regen auch bei Wind nicht abgehalten wird. Orte mit heftigem Luftzug sind zur Aufstellung zu vermeiden. Aufstellungen auf flachen Hausdächern, Terrassen sind ebenso zu vermeiden, wenn dort starker Luftzug herrscht. Man erhält an solchen Orten zu wenig Niederschlag (bei Wind). Für Tropengegenden mit sehr starken Regen mufs die Aufnahmefähigkeit des Regenmessers berücksichtigt werden, sie soll wenigstens für die stärksten Nachtregen ausreichen, also für eine Wasserhöhe bis zu 200 mm.

Die Regenmessung erfolgt am besten morgens 6^h oder 7^h, und die um diese Zeit gemessene Regenhöhe wird dem Vortage zugeschrieben (in die Regenrubrik des Vortages eingetragen). Nach starken Regen wird das Mefsglas öfter gefüllt werden müssen, und man wird acht haben müssen, die richtige Zahl als Regenhöhe einzutragen. Kann man mit dem Mefsglas auf einmal z. B. 10 mm messen, und ist dasselbe viermal voll geworden und ein fünftes Mal bis zum Teilstrich 4 etwa, so hat man 44 mm Niederschlag einzutragen. Das Mefsglas ist bei der Messung horizontal zu halten.

Auch der Schneefall wird als Wasserhöhe des Niederschlages gemessen. Zu diesem Zwecke bringt man das Auffangegefäfs in einen warmen Raum, so dafs der Schnee rasch schmilzt, und mifst dann das Schmelzwasser mit dem Mefsglas. Man kann auch, um die bei diesem Vorgehen unvermeidlich entstehenden Verdunstungsverluste zu vermeiden, den Schnee durch Übergiefsen mit einer vorher genau mit dem Mefsglas gemessenen Menge warmen Wassers schmelzen und schliefslich die zugegossene Wassermenge von dem Messungsresultat wieder abziehen. Bei Schneefall mit Wind unterliegt die Messung der Niederschlagsmenge oft grofsen Schwierigkeiten, der Schnee wird leicht weggeblasen oder zu viel in das Auffanggefäfs hineingeweht. Deshalb wird zuweilen blofs die Schneehöhe (die Tiefe der frischgefallenen Schneelage) gemessen an Orten, wo der Schnee ruhig und gleichmäfsig gefallen ist. Es ist überhaupt sehr zu empfehlen, stets auch die Schneehöhe zu messen. Man nimmt an, dafs eine Schneelage von 1 cm Höhe 1 mm Wasserhöhe gibt. Diese Regel ist nur durchschnittlich ziemlich richtig, nicht in den einzelnen Fällen,

und gilt nur für frischgefallenen Schnee, nicht für ältere Schneelagen, die stets dichter sind.

Wenn man Zeit und Gelegenheit hat, empfiehlt es sich, die Niederschlagsmessung zur selben Stunde morgens und abends vorzunehmen, etwa um 7^h a. m. und 7^h p. m. Es ist von Interesse zu erfahren, wie sich die Niederschlagsmenge auf Tag und Nacht verteilt. Auch empfiehlt es sich, nach sehr heftigen Regen die Niederschlagshöhe sogleich zu messen und die Dauer des heftigen Niederschlages anzugeben. Bei den sogenannten „Wolkenbrüchen“ können Regenmengen von 60 mm und mehr in einer halben Stunde fallen. Die Ermittlung der gröfsten Regenmengen in kurzer Zeit (in 15, 30 oder 60 Minuten) ist von Interesse. Selbst (und oft gerade) an Orten, wo im ganzen wenig Regen fällt, können solche „Wolkenbrüche“ vorkommen.

Aus den Passatregionen der Meere sind Nachrichten über Gewitter und Niederschläge ganz besonders erwünscht, weil dieselben hier recht selten sein sollen. Man notiere die Tage mit Niederschlägen, auch jene mit ganz leichten Schauern, und unterscheide starke Regengüsse und Regenschauer, sowie anhaltende Regen. Regenmessungen auf hoher See liegen noch wenig vor, da die Aufstellung des Regenmessers auf dem Schiffe Schwierigkeiten unterliegt und der Wind oft die Messung unzuverlässig macht. Hat man auf einer Seereise einen Regenmesser zur Verfügung, so versuche man denselben auf einem freien Platz auf dem Schiffsdeck so aufzustellen, dafs kein Spritzwasser der Wellenkämme hineingelangt und auch nicht etwa abtropfendes Wasser vom Tauwerk. Anderseits darf er auch nicht im Schutze von Segeln aufgestellt sein. Der beste Platz ist meist die Kommandobrücke. Man messe den Regen nach jedem Regenfall.

Natürlich mufs man, wie bei allen Schiffsbeobachtungen, den Schiffsort nach Länge (Greenwich?) und Breite angeben, und zwar, soweit möglich, vom Mittag des betreffenden Tages. Diese Positionsangaben sind bei dem Kapitän oder den Schiffsoffizieren zu erfahren.

B. Beobachtungen ohne Instrumente.

Der Reisende kann, auch wenn er nicht im Besitz von Instrumenten ist, Beobachtungen anstellen, welche wertvolle Beiträge zur Kenntnis des Klimas der durchreisten Landstriche liefern. Im übrigen ergänzen die im nachfolgenden empfohlenen Aufzeichnungen die vorhin erörterten Beobach-

tungen mit Instrumenten. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil der regelmäfsigen Beobachtungen an einer meteorologischen Station.

1. **Die Bewölkung.** Der Grad der Bedeckung des Himmels mit Wolken wird in der Art in Zahlen angegeben, dafs man schätzt, wieviel Zehnteile der sichtbaren Himmelsfläche die Wolken einnehmen. Dabei ist der Bewölkung in der Nähe des Horizontes (wo die Wolken durch die Perspektive sich zusammenschieben) wenig Beachtung zu schenken. Ganz heiterer Himmel wird mit 0 notiert, zur Hälfte bedeckter mit 5, ganz bedeckter mit 10, wobei aber auch alle Zwischengrade zu schätzen sind. Die einzelnen derarigen Schätzungen fallen natürlich nicht sehr genau aus. Die Mittelwerte kommen aber doch recht zutreffend heraus, weil die Fehler der einzelnen Schätzungen (bald zu viel, bald zu wenig) sich in denselben aufheben.

Die Schätzung des Grades der Bewölkung ist zu den oben empfohlenen Tageszeiten zugleich mit der Beobachtung der andern meteorologischen Elemente vorzunehmen. Da der tägliche Gang der Bewölkung grofses Interesse hat, wenig bekannt ist und den Gang der Temperatur und auch der andern Elemente wesentlich beeinflufst, so sind jenen, die Zeit und Lust dazu haben, stündliche Notierungen sehr zu empfehlen, wenigstens den ganzen Tag über. Es können mindestens von Zeit zu Zeit solche stündliche Aufzeichnungen gemacht werden.

Es ist zu empfehlen, neben der Schätzung der Bewölkung in Zahlen auch die Häufigkeit der ganz heiteren, der wolkigen und ganz trüben Tage anzugeben.

Besondere Wolken: Leuchtende Nachtwolken und irisierende Wolken. Seit dem Jahre 1885 ist man auf die Erscheinung leuchtender Nachtwolken aufmerksam geworden. Spätere Messungen ergaben eine Höhe derselben von 80 km und darüber. Sie sind im Juni und Juli der nördlichen Hemisphäre (Dez., Jan. der südlichen) nachts am nördlichen (südlichen) Himmel zu sehen gewesen, aber nicht immer. Es ist von Interesse, das zeitweilige Auftreten dieser merkwürdigen hellen Nachtwolken zu beobachten und zu notieren, namentlich in höheren südlichen Breiten.

Irisierende Wolken. Mohn in Christiania hat auf Wolken mit eigentümlichen Farben und zuzeiten auch eigentümlichen Formen aufmerksam gemacht. Sie können nach ihren am meisten in die Augen fallenden Kennzeichen als Perlmutterwolken oder irisierende Wolken bezeichnet werden, indem sie

sich mit prachtvollen Spektralfarben sowohl in ihrer Mitte als in ihren Rändern zeigen. Diesen Wolken scheint zum Teil eine sehr grofse Höhe zuzukommen, so dafs eine Beachtung derselben wünschenswert ist mit genauer Angabe der Zeit des Auftretens, der Höhe über dem Horizont (in Graden, geschätzt nach Gegend der Sternbilder, oder gemessen) und der mehr oder weniger langen Zeitdauer des Verschwindens nach Ende der Dämmerung. Durchaus nicht alle irisierenden Wolken aber haben eine sehr grofse Höhe (von 100 km und mehr, wie sie Mohn für einige Winterwolken gefunden hat).

Die Nebel (d. i. die Wolken am oder wenig über dem Boden) sind separat zu notieren, womöglich auch ihre Dauer. Ebenso Hochnebel oder der sogen. Höhenrauch, welcher die Durchsichtigkeit der Luft sehr stark beeinträchtigt. Auch Staub- und Rauchtrübungen sind zu beachten und ihr etwaiger Zusammenhang mit den gleichzeitigen Witterungsfaktoren.

2. Beobachtung des Wolkenzuges. Wenn auch die Angabe der Himmelsrichtung, aus welcher die unteren und die oberen Wolken ziehen, nur von wenigen Reisenden unter die regelmäfsigen Aufzeichnungen wird aufgenommen werden können, so könnte dieselbe vielleicht doch zu einer Tageszeit erfolgen, und dann tunlichst immer zu derselben, es sei denn, dafs besondere Erscheinungen am Wolkenhimmel zu einer andern Zeit die Aufmerksamkeit des Reisenden auf sich ziehen.

Zur Bestimmung der Richtung des Wolkenzuges eignen sich nur jene Wolken, die nahe dem Zenith vorüberziehen, ja nicht solche in der Nähe des Horizontes, da man sich über die Zugrichtung dieser letzteren stark täuschen kann.

Von den Wolkenarten oder Wolkenformen, deren Zugrichtung besonderes Interesse hat, sind besonders zu nennen:

a) Die Cirrus- und Cirrostratuswolken, d. h. die höchsten, weifsen, federartigen Wolkenstreifen oder Wolkenschichten, Höhe: 9—10 km. Die Richtung des Zuges derselben hat ein ganz besonderes wissenschaftliches Interesse. Die Bestimmung der Zugrichtung wird allerdings zuweilen durch die Langsamkeit der Bewegung erschwert. Auch die Schäfchenwolken, cirro cumuli, gehören zu den höchsten Wolken.

b) Cumulus und strato-cumulus. Die Haufenwolke und die geballte Schichtwolke (oft Gewitter- und Regenwolke). Dieselben gehören (durchschnittlich wenigstens) den tieferen Schichten an, sind Unterwolken. Ihre Zugrichtung gibt die Richtung der Luftströmungen in einem tieferen Niveau (etwa 1.5—2.5 km über der Erdoberfläche) an.

Beobachtet man den Wolkenzug, so ist demnach zu unterscheiden zwischen den sehr hohen Wolken (Cirrusformen, Eiswolken 6—9 km) und den tieferen, unteren Wolken (Wasserwolken 1.5—2.5 km etwa). Man notiere beide besonders.

In den meisten Fällen ist die Richtung des Zuges der hohen Wolken, der unteren Wolken und des Windes an der Erdoberfläche verschieden.

Als Hilfsmittel zur genaueren Bestimmung des Wolkenzuges dient eine auf der Unterseite geschwärzte quadratische Glastafel, welche auf der Oberseite einige parallele, gleichweit abstehende Liniensysteme aufgetragen oder eingeritzt hat, die senkrecht aufeinander stehen. Man legt die Tafel horizontal, nach den Himmelsrichtungen orientiert (z. B. eine Seite möglichst genau *N* — *S*), und beachtet im Spiegelbilde den Zug der Wolken. Zu genaueren Beobachtungen von Wolkenzug und relativer Geschwindigkeit dienen die Nephoskope (von Braun, Linſs, Finemann usw. siehe am Schlusse).

Man hat gefunden, daſs der Wolkenzug von der unteren Windrichtung in der Art abweicht, daſs, wenn man das Gesicht gegen den Wind kehrt, der Wolkenzug auf der nördlichen Halbkugel von einem Punkt des Horizonts zur Rechten des Beobachters kommt (auf der südlichen Halbkugel zur Linken) und daſs im allgemeinen der Winkel zwischen Wind und Wolkenzug mit der Höhe wächst. Kommt der Unterwind aus *S*, so kommen vielleicht die Haufenwolken aus Süd 14° gegen *W*, die Cirrostratuswolken aus *SSW* und die Cirren schon aus *SW*. (N. Hemisph.). Die Konstatierung dieses Verhältnisses zwischen Unterwind und Wolkenzug ist von besonderem Interesse in der Gegend der Polar- und Äquatorialgrenze der Passate (Nord und Süd), sowie in der Passatregion selbst, ebenso in den Monsungebieten, wobei die Jahreszeit besonders in Betracht kommt.

An den Küsten der tropischen Festländer mit starken Seewinden bei Tag ist desgleichen der untere Wolkenzug zu beachten, der in vielen Fällen die Mächtigkeit der Seebrise wird erkennen lassen sowie das Niveau, in dem der auswärts strömende obere Landwind beginnt.

Beobachtung der Windrichtung. Es genügt in den meisten Fällen, die Richtung des Windes nach acht Himmelsgegenden zu notieren, also *N*, *NE* (Nordost[1]), *E* usw. Nur

[1]) Um Irrungen zu vermeiden, ist man übereingekommen, die Ostrichtung mit *E* zu bezeichnen, da *O* in den romanischen Sprachen die Westrichtung bezeichnet.

bei ganz freier Lage des Beobachtungsortes und Gelegenheit zu schärferer Unterscheidung möge man auch die Zwischenrichtungen *NNE*, *ENE* usw. berücksichtigen. Manche Lokalwinde erheischen diese schärfere Bestimmung (z. B. Bora aus *ENE*), da sie in charakteristischer Weise aus einer ganz bestimmten Himmelsgegend kommen. Wird die Himmelsrichtung durch den Kompaſs bestimmt, so gebe man das im Beobachtungsjournal an, da die Miſsweisung der Magnetnadel (Deklination) in manchen Gegenden erheblich werden kann.

Liegt der Beobachtungsort in einem Tale, so haben die lokal beeinfluſsten Winde an sich geringeres Interesse, wohl aber der Wechsel zwischen einem aufsteigenden Talwind (Wind vom unteren Ende des Tales) bei Tag und einem herabkommenden Bergwind (vom oberen Talende) bei Nacht und am Morgen. Es wird es genügen, ein für allemal die Richtung des Tal- oder Bergwindes zu konstatieren und die Aufmerksamkeit besonders der Feststellung der Zeiten des Überganges vom Tal- zum Bergwind und umgekehrt zuzuwenden. Die Konstatierung der Stärke von Berg- und Talwind, namentlich des letzteren (beim Nachtwind ist dies ja schwieriger) und der Abhängigkeit derselben von der Jahreszeit hat Interesse.

Auf groſsen freien Ebenen richte man die Aufmerksamkeit darauf, ob sich eine tägliche Periode der Windrichtung zu erkennen gibt, ein Umgehen des Windes mit der Sonne (von *E* über *S* nach *W* in der Nordhalbkugel, von *E* über *N* nach *W* in der südlichen Hemisphäre) oder ein entgegengesetztes Verhalten zwischen Vormittag und Nachmittag in dieser Hinsicht. An schönen, ungestörten Tagen (ohne Gewitter oder Regenschauer) wird sich eine derartige Tendenz am leichtesten zu erkennen geben.

Die Bestimmung der Windrichtung nach acht Himmelsgegenden ist wohl meist ohne besondere Vorrichtungen zu erzielen. Hält man sich längere Zeit an einem Orte auf, so empfiehlt es sich, eine einfache Windfahne, Stange mit einem frei beweglichen Wimpel, aufzustellen. In Gegenden mit tätigen, rauchenden Vulkanen notiere man regelmäſsig die Richtung der abziehenden Rauchwolken (wobei je nach der Lage des Vulkans perspektivische Verschiebungen zu vermeiden gesucht werden sollen), bei hohen Vulkanen haben solche Beobachtungen ein ganz besonderes Interesse.

Bei Besteigungen hoher Berge, namentlich in den Tropen, notiere man die Windrichtung (u. Stärke), beachte namentlich die Höhe, in welcher etwa ein Wechsel in der Windrichtung

eintritt (z. B. obere Grenze des Passates, Eintritt in die Weströmung der höheren Luftschichten). Die Jahreszeit ist dabei natürlich von Wichtigkeit. Die Frage, wie hoch reicht der Passat (die Monsune) in verschiedenen Teilen der Tropen, kann dadurch weitere Beantwortung finden.

Windstärke. Neben der Richtung ist auch die Stärke des Windes zu notieren. Dieselbe wird entweder blofs geschätzt oder gemessen. Zur Schätzung bedient man sich an den meteorologischen Stationen meist einer zehnteiligen Skala, in welcher 0 Windstille, 9 und 10 Orkanstärke bezeichnen, während die Zahlen 1—8 Zwischenstufen zukommen. Einfacher ist die Schätzung nach der halben Beaufort-(See-)Skala, auch Landskala genannt, von 0—6, in der 0 Windstille, 1 leichter, 2 mäfsiger, 3 starker, 4 sehr starker Wind und 5 Sturm bezeichnen [1]).

Zur Messung der Windstärke in Meter pro Sekunde oder Kilometer Windweg pro Stunde dienen die Anemometer. Anemometer nach Robinson, Schalenkreuz-Anemometer, werden auch für den Handgebrauch gefertigt (s. am Ende). Ihre Verwendung hat nur an solchen Orten einen Wert, wo man annehmen darf, dafs die beobachtete Windrichtung jener der weiteren Umgebung nahekommt (also nicht lokal modifiziert ist, wie etwa in Gassen). Man setzt das Anemometer zur Beobachtungszeit dem Winde aus und liest am Zifferblatte die Zahl der Umdrehungen des Schalenkreuzes etwa pro je 5 Minuten ab. Die Relation zwischen der Zahl der Umdrehungen und der Geschwindigkeit des Windes (im allgemeinen ist der Windweg 2 bis $2^1/_2$mal gröfser als der Weg, den die Mittelpunkte der Kugelschalen zurückgelegt haben, und dieser ist gleich der Zahl der Umdrehungen multipliziert mit $2r\pi$, wo r Abstand

---

[1]) Die zehnteilige Skala kann etwa so interpretiert werden:

0. Windstille oder kaum merklicher Luftzug.
1. Schwacher Wind, der nur die Blätter der Bäume bewegt.
2. Mäfsiger Wind, der auch die Zweige bewegt.

4. u. 5. Ziemlich starker Wind, der schon die Äste bewegt.
6. u. 7. Starker und sehr starker Wind, der schwache Bäume bewegt und vielleicht auch Zweige abbricht.

8. Stürmischer Wind, welcher Äste bricht und das Gehen im Freien schwierig macht.
9. Sturm, welcher Bäume entwurzelt, Dächer beschädigt, Menschen zu Boden wirft.
10. Orkan, der Häuser abdeckt, leichtere Bauten demoliert, gemauerte Schornsteine umwirft usw.

Diese Anweisung wird natürlich an vielen Orten unbrauchbar, wo Bäume und Häuser usw. fehlen. Auf Reisen wird man sich wohl am besten mit der sechsteiligen Skala begnügen.

dieser Mittelpunkte von der Drehungsachse) wird am besten vorher an einem Observatorium bestimmt. Es gibt aber auch schon die Zahl der Umdrehungen allein ein relatives Mafs der Windstärke. Notiert man die Anemometer-Type (namentlich die Länge der Arme, den Abstand der Mittelpunkte der Kugelschalen von der Drehungsachse), so kann die absolute Windstärke hinterher berechnet werden.

An festen Stationen kann man sich, wenn man die kostspieligen Anemometer vermeiden will, auch der *Windstärketafel* nach *Wild* bedienen, die auf einem Pfosten so frei als tunlich aufgestellt wird. Die um eine horizontale Achse bewegliche Blechtafel dieses Windstärkemessers wird durch den Wind um einen gewissen Winkel aus ihrer vertikalen Lage gebracht. Zur Ablesung dieses Winkels sind an einem Halbkreis, längs welchem ein Rand der Tafel sich bewegt, fixe Stifte angebracht (nicht in gleichen Abständen), welche die Windstärke angeben. Die Beziehungen zwischen dem Hebungswinkel der Blechtafel, Nummer des Stiftes und der Windgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde sind wie folgt ermittelt worden:

Nummer des Stiftes . . .	1	2	3	4	5	6	7	8
Hebungswinkel	0°	4°	15½°	31°	45½°	58°	72°	80½°
Windgeschwindigkeit, m. s.	0	2	4	6	8	10	14	20
„ nach zehnteiliger Skala	0	1	2	3	4	5	6	7

Eine Windfahne stellt die Blechtafel (die natürlich, wenn obige Relation gelten soll, von ganz bestimmten Dimensionen und Gewicht sein mufs: 30/15 cm 200 g) immer senkrecht auf die Windrichtung ein und gestattet auch die Windrichtung abzulesen.

Besonders charakteristische Winde. Heifse und kalte Winde, die für das Klima einer Gegend besonders bezeichnend sind.

Die *heifsen* Winde sind entweder Wüstenwinde oder Föhnwinde. Die ersteren kommen aus pflanzenleeren, trockenen, stark erhitzten Niederungen und sind meist staubführend. Solche Winde sind der Chamsin in Ägypten, Samum in Mesopotamien und in der Sahara, Solano in Spanien, der trockene Scirocco in Sizilien und Unteritalien, die Nordwinde aus dem Innern in Victoria und Südaustralien, auch im aufsertropischen Südafrika, die Westwinde in Neu-Süd-Wales usw. Die Trockenheit und Hitze solcher Winde steigert sich noch, wenn sie aus dem heifsen, wüsten Innern eines Kontinents kommend ein Gebirge überschritten haben, also zugleich Föhnwinde sind. Zur kühlen

Jahreszeit können aus den Wüsten solche trockene, staubführende Winde kommen, die an sich kühl und nur tagsüber warm sind, wie der Harmattan an der Küste von Guinea. Für die Umgebung grofser Wüsten, soweit letztere nach vorwiegenden Windstrichen zuliegen, sind staubführende Winde charakteristisch (Leste auf Madeira, das sogenannte „Dunkelmeer" im Westen der Sahara). Dem Auftreten solcher Winde ist Beachtung zu schenken, deren Richtung und soweit tunlich, auch deren Temperatur und Feuchtigkeit zu messen.

Die Föhnwinde sind warme und relativ trockene Gebirgswinde. Sie kommen von den Gebirgskämmen herab, selbst wenn diese schneebedeckt und vergletschert sind. Ihre Temperatur und Trockenheit ist am gröfsten in den Tälern, die dem Kamm des Gebirges naheliegen, verliert sich aber immer mehr gegen das Flachland hinaus. Auf den Gebirgskämmen selbst ist der Föhn nicht warm, auf der andern Seite des Gebirges (Windseite) herrscht dann meist trübes, regnerisches Wetter ohne besondere Temperaturerhöhung. Auch dem Auftreten solcher Winde ist Beachtung zu schenken, ihre Temperatur und Trockenheit zu messen und die Umstände, unter denen sie sich bemerkbar machen, zu notieren.

Kalte, boraartige, heftige Winde sind ferner ebenfalls für manche Gegenden bezeichnend. Sie treten im Winter auf und zumeist an den Steilküsten, mit denen ein kaltes Hinterland gegen ein relativ warmes Meer abfällt. Unten sind diese Winde trocken, wenngleich auf den Gebirgshöhen, von welchen sie herabkommen, schwere Wolkenmassen scheinbar unbeweglich lagern.

Stürme. Während derselben sollten die Beobachtungen in kleineren Intervallen angestellt werden, namentlich, wenn man über Barometer und Thermometer verfügt. Die Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur mit den Änderungen der Windrichtung wären dann spezieller zu beachten, das Aussehen des Himmels und die Bewegungsrichtung der Wolken zu notieren. Bei längerem Aufenthalte an einem Orte können über folgende Punkte Erfahrungen gesammelt oder Erkundigungen eingezogen werden: Aus welcher Richtung kommen die meisten Stürme, welche Winde, welche Witterungserscheinungen gehen ihnen voraus, springt der Wind während oder nach dem Sturme in die frühere Richtung zurück, oder durchläuft er die Windrose und in welcher Richtung, mit oder gegen den scheinbaren Lauf der Sonne, oder anders ausgedrückt, dreht sich der Wind im Sinne der Drehung des Uhrzeigers oder gegen denselben. Es ist auch zu empfehlen, Erkundigungen einzuziehen über

das Auftreten des Sturmes nach Zeit, Richtung und Stärke an andern Orten in der Umgebung der Station.

In den Tropen, wo die grofsen Wirbelstürme relativ selten und fast nur in gewissen Gegenden vorkommen, sind Erkundigungen über das Vorkommen (Jahreszeit) oder Fehlen dieser machtvollen Erscheinungen, die sich der Erinnerung dauernd einprägen, einzuziehen, und Daten zu sammeln zur besseren Abgrenzung der Orkangebiete (der Zyklonen).

Die Niederschlagserscheinungen. Dieselben sind zur Charakterisierung des Klimas einer Gegend besonders wichtig.

Man notiere (auch wenn ein Regenmesser fehlt) mit Sorgfalt die Tage, an denen Regen oder Schnee (Graupel, Hagel) gefallen sind. Aus welcher Richtung kommen vorzugsweise die regenbringenden Wolkenzüge? Welchen Charakter haben die Niederschläge, fallen sie zumeist in Form gleichmäfsiger, wenig intensiver sog. „Landregen“ und Nebelregen oder in Form von Platzregen. Man könnte am besten notieren: Nebelregen, Landregen, Platzregen. Regelmäfsiger starker Taufall, das Aufhören desselben zu bestimmten Jahreszeiten wäre zu notieren, ebenso das Auftreten von Reif oder von Rauhfrost. Besonderes Interesse hat das etwaige Vorkommen von Hagel in den Niederungen der Tropen (in grofsen Seehöhen sind die Gewitter in den Tropen fast stets von Hagelfall begleitet) oder auf offener See. Bei Hagelfällen in den Tropen gebe man, wenn auch nur näherungsweise, die Seehöhe der Orte an. Man suche von älteren Ansässigen oder von Eingeborenen zu erfahren, ob Hagelfälle vorkommen oder überhaupt bekannt sind. Vom Hagel, gröfseren Körnern mit eisiger Umhüllung, sind zu unterscheiden die Graupeln, kleinere Körner aus zusammengebackenen Schneeflocken, kleinen Schneebällen ähnlich, denen die äufsere eisige Rinde fehlt.

Bei den Hagelfällen verdient Beachtung: Gröfse und Form der Schlofsen, Zeit des Falles, Erstreckung des Hagelwetters, Richtung des Zuges desselben, begleitende elektrische Erscheinungen (besonders bemerkenswert, wenn solche fehlen sollten), Höhe der Hagelwolken, wenn etwa hohe Gebirge die Möglichkeit einer Schätzung derselben darbieten. In manchen tropischen Hochgebirgen (so in Abessinien nach Stecker) rührt deren zeitweilige weifse Hülle nur von Hagelfällen her und nicht von Schneefällen. Bietet sich Gelegenheit zu solchen Wahrnehmungen, so sollten dieselben benutzt werden.

Die Feststellung der genäherten Höhe temporärer Schnee-

grenzen in tropischen und subtropischen Hochgebirgen, desgleichen jene der Äquatorialgrenzen des Schneefalls in der Niederung ist von Interesse.

In mittleren und höheren Breiten sind Notierungen über die Zeit des Schmelzens der Schneedecke, des letzten und ersten Schneefalls, des Eintritts des ersten und letzten Nachtfrostes sowie der Reifgrenzen, im Frühling namentlich, von Wichtigkeit.

Gewitterbeobachtungen. Als Gewittertage werden jene notiert, an welchen man den Donner hört, daneben kann man die Gewitter, welche über den Beobachtungsort selbst hinwegziehen, als „Nahgewitter" besonders kennzeichnen. Bei entfernten Gewittern notiere man die Himmelsgegend, z. B. Gewitter in Süd usw. Auch die Tage, an denen blofs Blitze, Wetterleuchten, beobachtet worden sind, sollen notiert werden.

Man notiere bei den Gewittern die Zeit des ersten hörbaren Donners oder den Eintritt des Regens und die Richtung, aus welcher das Gewitter heraufgezogen ist. Es können mehrere Gewitterzüge am selben Tage vorkommen; zur Vergleichung der Häufigkeit der Gewitter an verschiedenen Orten eignet sich aber am besten „der Gewittertag" und nicht die Zahl der Einzelgewitter.

In Gebirgsgegenden richte man die Aufmerksamkeit auf die Höhe der Gewitterwolken, und namentlich auf das etwaige Vorkommen von Gewittern unterhalb des Beobachters auf einem Berggipfel. Nur bei Nahgewittern aber können solche Beobachtungen einwurfsfrei gewonnen werden.

Beobachtungen über seltene Formen von Blitzen, namentlich über das Auftreten von Kugelblitzen (Blitze in Form von Feuerbällen, meist mit langsamer Bewegung, die ohne oder mit Detonationen verschwinden), dann über Blitze von den Wolken nach aufwärts in die Luft, über leuchtende Wolken usw. sind von Interesse. Auch Blitze nahe dem Zenit ohne Donner sind bemerkenswert; sie scheinen in den Tropen zuweilen vor Beginn oder zu Ende der Regenzeit vorzukommen sowie auch in den Gebieten, wo die tropische Regenzeit gegen regenlose oder regenarme Wüsten- und Steppenregionen ausläuft. In den meisten Tropengegenden sollen einschlagende (zündende oder tötende) Blitze selten sein. Bezügliche Beobachtungen oder kritisch gesammelte Erfahrungen anderer sind erwünscht.

Merkwürdig ist die Gewitterarmut mancher regenreicher Tropengegenden. Die Konstatierung solcher Lokalitäten sowie der Form und der Umstände, unter welchen an denselben die Niederschläge eintreten, ist erwünscht.

Elmsfeuer, das ruhige Ausströmen der Elektrizität unter Lichterscheinungen aus Mastspitzen, Kirchtürmen, Bäumen usw. verdient notiert zu werden unter Angabe der begleitenden meteorologischen Zustände.

In manchen Gegenden ist die Leitungsfähigkeit der Luft für Elektrizität so gering, dafs beim Kämmen der Haare, an geriebenen Wollenstoffen, Streicheln von Tierfellen usw. Funken aufleuchten. Auch diese Erscheinung ist nicht ohne Interesse.

Allgemeine Regeln für Beobachtungen mit oder ohne Instrumente.

1. Man verwende zu den meteorologischen Beobachtungen nur geprüfte Instrumente von Werkstätten, die Präzisionsinstrumente liefern. Ist man genötigt, bisher ungeprüfte Instrumente zu verwenden, so benutze man die nächste Gelegenheit, die Vergleichung mit guten Instrumenten nachzuholen.

2. Man notiere die Korrektionen der Instrumente in dem Beobachtungsjournal, trage aber stets nur die unkorrigierten Ablesungen in dasselbe ein. Hat man mehrere Instrumente derselben Art, so sollen dieselben dauerhaft numeriert werden, falls dies nicht ohnehin schon der Fall ist. Die Nummer des benutzten Instrumentes ist im Beobachtungsjournal anzumerken, desgleichen jeder Wechsel in den Beobachtungsinstrumenten.

3. Man bleibe bei den einmal gewählten Beobachtungszeiten und halte dieselben tunlichst genau ein (notiere eine etwaige Abweichung). Ein Wechsel in den Beobachtungszeiten erschwert die Berechnung der Aufzeichnungen und die Ableitung allgemeiner Resultate aus denselben in hohem Grade. Es ist viel besser, blofs dreimal am Tage zu fixen Tageszeiten die Aufzeichnungen zu machen, als häufiger Aufzeichnungen zu wechselnden Tagesstunden.

4. Man lege sich ein dem Umfange der beabsichtigten meteorologischen Aufzeichnungen angepafstes Beobachtungsjournal an. Für längere Beobachtungsreihen an einem Orte kann man auch bei einer meteorologischen Zentralstellen (Meteorologisches Institut in Berlin, in Wien, Deutsche Seewarte in Hamburg) um eine entsprechende Anzahl der daselbst üblichen Beobachtungsjournale ersuchen. Für Reisebeobachtungen eignen sich wohl dazu am besten Notizbücher in Taschenformat mit nach Kolumnen abgeteilten (rastrierten) Blättern. Man versehe die Köpfe der Kolumnen im voraus mit entsprechenden Überschriften, um bei den Beobachtungen

nichts zu vergessen. Am Schlusse dieser Anleitung findet man Formulare von Beobachtungsjournalen, A für umfassendere Beobachtungen, B für Temperatur- und Regenmessungen.

Es muſs dem Beobachter dringend ans Herz gelegt werden, ja nicht die Aufzeichnungen zu verschiedenen Tageszeiten untereinander zu schreiben. Die Aufzeichnungen zu einer bestimmten Zeit müssen stets in derselben vertikalen Kolumne ohne Unterbrechung sich folgen; die Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten müssen nebeneinander stehen, nicht untereinander. Andernfalls ist man genötigt, zum Behufe der Berechnung das ganze Tagebuch in der erwähnten zweckmäſsigen Form abzuschreiben. Die Erfahrung lehrt, daſs deshalb manche mühsam erworbenen Aufzeichnungen unberechnet und unbenützt bleiben, weil das Umschreiben eine zu lästige und zeitraubende Arbeit ist.

5. Von jenen Orten, an welchen man längere Zeit verweilt und an welchen daher längere Beobachtungsreihen gewonnen werden konnten, liefere man eine ausführliche Beschreibung der Lage und der nächsten Umgebung. Besonders wichtig und unerläſslich sind aber die Angaben über die Art der Aufstellung der Instrumente, die zu den Beobachtungen gedient haben.

II. Erkundigungen auf Reisen in Ländern, deren klimatische Verhältnisse noch wenig erforscht sind.

Der Reisende kann den Mangel eigener, ein ganzes Jahr umfassenden Beobachtungen dadurch einigermaſsen ersetzen, daſs er bei vertrauenswerten geeigneten Persönlichkeiten möglichst umfassende Erkundigungen über die allgemeinen klimatischen Verhältnisse der durchreisten Länder einzieht. Von Missionaren z. B. dürften in vielen Fällen wertvolle Mitteilungen darüber zu erhalten sein. Es handelt sich dabei namentlich um Feststellung der Regen- und Trockenzeiten und deren durchschnittlichen Eintrittszeiten, das Vorhandensein oder Fehlen periodischer Winde, die Dauer der „Monsun"-Perioden, die Himmelsrichtung, aus welcher zumeist die Regen und Gewitter aufziehen, die Richtung und den Charakter der Stürme usw. Die vorherrschende Windrichtung ist, wie Früh gezeigt hat, häufig durch die Baumformen angedeutet („Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt"). Auch andere Erscheinungen können auf dieselbe hinweisen, z. B. die Form der Dünen usw., doch ist dabei kritisch vorzugehen.

Der Charakter der Jahreszeiten eines Gebietes findet einen besonders kennzeichnenden Ausdruck in den periodischen Erscheinungen der Vegetation (z. T. auch der Tierwelt). Darüber wird man nun leicht das Wesentliche in Erfahrung bringen können. Die Zeiten der Feldbestellung, der Aussaat, Blüte und Reife der wichtigsten Nutzpflanzen geben wertvolle Aufschlüsse über den jährlichen Gang der Witterung im allgemeinen. Die Tatsache, dafs gewisse Früchte in dem Lande reifen (und wann), andere aber nicht mehr, gestattet einen beiläufigen Schlufs auf die Sommerwärme, z. T. auch auf die Regenverhältnisse. Kommen Reife und Fröste vor, welche Lagen und Örtlichkeiten sind denselben besonders ausgesetzt; kommt gelegentlich Schneefall vor usw. Auch Angaben über die Zeiten der Hochwasserstände der Flüsse und die Zeiten tiefsten Wasserstandes sind von Interesse. Auf andere Elemente (Gewitter, Hagel usw.) ist schon im vorigen Abschnitt hingewiesen worden. Auch über das Auftreten von Nordlichtern in niedrigen Breiten könnten Erkundigungen eingezogen werden, zur besseren Orientierung über die Äquatorialgrenzen des Auftretens derselben. Grofse Nordlichterscheinungen (meist zur Zeit des Maximums der Sonnenflecken auftretend) werden zuweilen bis und über die Wendekreise hinaus wahrgenommen.

III. Anregung zu meteorologischen Beobachtungen.

Der Reisende, der nur selten imstande sein wird, eine mindestens einjährige Beobachtungsreihe an einem Orte durchzuführen, kann zuweilen in die Lage kommen, auf andere Weise diesem Mangel abzuhelfen. Über alle Erdteile zerstreut, selbst auf den entlegensten Inseln der Südsee leben Europäer und besonders auch Deutsche. Es dürften sich sicherlich darunter auch Männer finden, die Interesse für meteorologische Beobachtungen haben, und deren Beschäftigung und Lebensweise die Anstellung regelmäfsiger Aufzeichnungen zuläfst. In der gesellschaftlichen Isolierung und der damit verbundenen Monotonie, welche das Leben an solchen exponierten Punkten des Erdballs mit sich bringt, dürfte manchem die Gelegenheit erwünscht kommen, durch solche wissenschaftliche Aufzeichnungen sich nützlich zu machen, mit dem zivilisierten Leben dadurch wieder Anknüpfungspunkte zu finden und sich dabei zugleich geistig zu beschäftigen. Namentlich unter den Missionaren, Ärzten, Kolonialbeamten, aber auch unter den Pflanzern usw. dürfte man Persönlichkeiten finden, welche sich zur

Führung eines einfacheren oder auch eines umfassenderen Beobachtungsjournales herbeilassen.

Um das meteorologische Beobachtungsnetz über die ganze Erde auszuspannen und die weiten, sehr empfindlich gefühlten Lücken desselben auszufüllen, sind wir auf die Beihilfe solcher freiwilligen, selbst interessierten Beobachter angewiesen. Ein sehr dankbares Feld für meteorologische Beobachtungen bieten speziell die Inseln der weiten Südsee, auf welchen wohl noch hier und da ein Beobachter sich finden lassen dürfte. Besonders fühlbar ist der Mangel an Beobachtungen an der Westküste Südamerikas von Panama bis hinab nach Lima; Luftdruck besonders wichtig, auch Temperatur. Eine einjährige Beobachtungsreihe in Quayaquil z. B. wäre höchst erwünscht.

Hat der Reisende eine zu regelmäfsigen meteorologischen Beobachtungen geeignete Persönlichkeit ausfindig gemacht, so ist fürs erste eine Anleitung zu denselben nötig, und es wäre wünschenswert, dafs auch zugleich wenigstens ein Thermometer an diese Persönlichkeit abgetreten werden könnte, um den Eifer nicht erkalten zu lassen, bis weitere Instrumente beschafft werden können. Deshalb wäre es zu empfehlen, einige Thermometer und einige Exemplare dieser Anleitung auf die Reise mitzunehmen, um den ersten Bedürfnissen abhelfen zu können. Andernfalls könnten vorläufig Beobachtungen ohne Instrumente (Aufzeichnungen von Wind und Wetter im allgemeinen) angestellt und notiert werden, und der Reisende möge sich brieflich oder nach der Rückkehr an geeignete Persönlichkeiten oder Institute wenden, um Beobachtungsinstrumente zu erhalten. Die Deutsche Seewarte in Hamburg, das k. meteorologische Institut in Berlin (W, Schinkelplatz 6), eventuell auch die k. k. meteorologische Zentrale in Wien (XIX. Hohe Warte 38) oder die meteorologischen Gesellschaften in Berlin, Leipzig, Wien dürften sich in manchen Fällen bereit finden, die notwendigsten Instrumente zu liefern, wenn für wenigstens einjährige regelmäfsige meteorologische Beobachtungen an einem meteorologisch interessanten Punkt eine Art Garantie geboten werden kann.

IV. Sammlung schon vorhandener Beobachtungen.

Der Reisende dürfte vielleicht an einem Orte Gelegenheit haben, von meteorologischen Beobachtungen zu hören, die von einem Freunde der Wissenschaft etwa schon seit längerer Zeit angestellt werden oder angestellt worden sind. Sollten die Ergebnisse derselben nicht schon irgendwo veröffentlicht worden

sein (in diesem Falle ist es wünschenswert, dafs die betreffende Publikation notiert und wenn nicht leicht zugänglich, zu erlangen gesucht wird) und ist auch keine bestimmte Absicht vorhanden, dieselbe in einem Fachblatte zu veröffentlichen, so ist dringend zu wünschen, mit dem Beobachter ein Übereinkommen zu treffen in betreff der Überlassung des Beobachtungsjournals oder doch der wesentlichsten Beobachtungsergebnisse. Diese letzteren müssen aber möglichst detailliert kopiert werden, z. B. für die Temperatur, den Luftdruck und die relative Feuchtigkeit, die Monatsmittel der einzelnen Beobachtungsstunden und zwar separat für jeden einzelnen Jahrgang, die einzelnen Monatsextreme, die Häufigkeit der Winde in den einzelnen Monaten für acht Richtungen (wenigstens) usw.

Es existieren ferner manchmal von Freunden der Meteorologie mit Sorgfalt an meteorologisch interessanten Orten angestellte Beobachtungen, deren Resultate nur in wenig bekannten Lokalblättern publiziert werden oder publiziert worden sind, den Fachmännern deshalb unbekannt bleiben und darum für den Fortschritt der Meteorologie und Klimatologie nicht verwertet werden können. Gelangt der Reisende zur Kenntnis solcher Publikationen, so lohnt es sich, dieselben möglichst vollständig zu sammeln oder die betreffenden Daten sorgfältig zu kopieren. Stets sind aber in allen solchen Fällen die genauesten Nachforschungen wünschenswert über den Ort, an dem die meteorologischen Beobachtungen angestellt worden sind sowie über die verwendeten Instrumente und deren Aufstellung. Thermometer und Barometer sollen, wo möglich, mit den eigenen Instrumenten sorgfältig mehrmals verglichen und die Differenzen notiert werden. Zum mindesten möge man sich über die Lage des Nullpunktes des verwendeten Thermometers oder eines andern Skalenteils versichern. Die konstante Korrektion älterer Thermometer namentlich ist nicht selten erheblich grofs. Man möge sich die Mühe nicht verdriefsen lassen, sich über alle diese Verhältnisse ausführliche Aufzeichnungen zu machen; ohne eine solche Kontrolle können die sorgfältigst angestellten Beobachtungen oft keine wissenschaftliche Verwertung finden.

Besonders mufs noch darauf hingewiesen werden, dafs Temperaturmittel ohne Angaben darüber, wie dieselben berechnet worden sind, zu welchen Tageszeiten das Thermometer abgelesen worden ist, keine wissenschaftliche Verwertung finden können. Selbst in grofsen wissenschaftlichen Publikationen (z. B. in den Challenger Reports, Narrative, wo solche auf der

Reise gesammelte Beobachtungsergebnisse mitgeteilt werden) bleibt nicht selten diese Hauptregel unbeachtet, zum Schaden der Wissenschaft.

Wenn der Reisende nicht selbst Gelegenheit hat, die derart gesammelten Beobachtungsergebnisse zu veröffentlichen, so erscheint es am geratensten, dieselben der Deutschen Seewarte in Hamburg oder der Redaktion der Meteorologischen Zeitschrift (Geheimrat Professor Hellmann, Berlin W, Schinkelplatz 6, oder Professor Hann in Wien XIX, 1) zur Veröffentlichung einzusenden.

Allgemeine Orientierung über die meteorologischen Instrumente (und deren Preise), welche auf der Reise selbst oder an einer Station bei längerem Aufenthalt in Verwendung kommen könnten.

Einfachste Reiseausrüstung: 2 Schleuderthermometer, einzelnes Thermometer, etwa noch ein Minimumthermometer (zur Konstatierung der Nachtkälte), Taschen-Aneroid-Barometer.

Reichere Ausrüstung: Überdies Taschen-Aspirationspsychrometer, Hypsometer (zu Siedepunktbestimmungen und Kontrolle der Aneroide).

Einfache Stationsausrüstung: Psychrometer, Maximum- und Minimumthermometer mit Träger und Beschirmung.

Leichtes Reiseheberbarometer nach Hellmann oder Darmersches Barometer, sonst gröfseres Aneroidbarometer und Thermohypsometer zur Kontrolle des Aneroids.

Regenmesser nach Hellmann (2 Mefsgläser). Wenn tunlich Thermograph in erster Linie, dann Barograph und dann etwa noch Hygrograph usw.

Fortinsches Barometer, Reiseinstrument mit ein oder zwei gefüllten Reserveröhren.

Wenn tunlich, weitere Instrumente aus der folgenden Liste.

Wenn der Reisende in der Behandlung und Ablesung seiner Instrumente noch nicht geübt ist, so wäre sehr zu empfehlen, vor der Abreise an den eigenen Instrumenten sich etwas einzuüben, und wenn dabei Bedenken und Schwierigkeiten sich einstellen, an einem Observatorium oder einer gröfseren meteorologischen Station sich Rats zu erholen.

In bezug auf die Behandlung der Quecksilberbarometer auf der Reise, den Vorgang des Einsetzens der gefüllten Ersatzröhren usw. kann man sich schon von der Werkstätte

selbst eine Anleitung geben lassen. Es ist nicht gut, sich ganz auf die gedruckten Anleitungen zur Behandlung der Instrumente zu verlassen; auch wenn man meint, die Sache nun völlig zu verstehen, gibt es oft Schwierigkeiten, sobald man zur praktischen Anwendung kommt. Will man Quecksilberbarometer benützen, so übe man an einer meteorologischen Station die richtige Einstellung auf die Quecksilberkuppe und die Ablesung des Nonius und beachte die Fehler, die dabei gemacht werden können.

Die folgende Zusammenstellung basiert auf den letzten Spezialkatalogen der mechanisch-optischen Werkstätten von R. Fueſs, Steglitz bei Berlin (Düntherstraſse 7/8).

Eigentliche Reiseinstrumente.

	Preis Mark
Schleuderthermometer in Hartgummi-Etui von 0—60° geteilt (auf halbe Grade)	6
do. von — 30 bis + 40° geteilt (Reserve)	6
Schleuderpsychrometer, Reiseinstrument mit Blechetui (auf halbe Grade geteilt)	30
Taschen-Aspirationspsychrometer in Lederetui mit Tragriemen	120
Aspirationspsychrometer in Blechetui mit Tragriemen	165
Dasselbe, vollständige Tropenausrüstung mit Reserveapparaten	230
Maximumthermometer mit Abreiſsfaden nach Negretti und Zambra (1/2° geteilt)	11
Minimumthermometer mit Toluolfüllung	10
Einzelne Thermometer auf halbe Grade geteilt . . . à	9
Taschen-Aneroidbarometer mit Thermometer und Temperatur-Korrektionstabelle in Futteral (bis 2500 m)	45
Mit Ledertasche und Riemen 5 Mk. mehr. Dasselbe Aneroid kompensiert 60—75 Mk., für 5000, 6000 und 7000 m je 10 Mk. mehr.	
Hypsometer nach v. Danckelman, mit allem Zubehör in reisegemäſser Packung, in starkem kupfernem Blechetui mit Tasche	75
Einzelne Hypsothermometer zur Reserve . . . à	21
Prüfungsschein der physikalisch-technischen Reichsanstalt	6
Eventuell. Kleines Anemometer mit Schalenkreuz. Tascheninstrument in Blechetui	90
Wasserthermometer mit Schöpfgefäſs in 1/2 Graden	10

Instrumente zur Einrichtung einer Station.

Psychrometer, in 1/5 Grade geteilt	30
1 Reservethermometer von gleicher Qualität	15
Maximum- und Minimumthermometer wie oben	21
Thermometergehäuse nach Köppen mit Haltern für obige vier Thermometer	30
Haarhygrometer nach Koppe	36

	Mark
Leichtes Reiseheberbarometer nach Hellmann in Lederetui .	150
Einfaches Heberbarometer auf Holzbrett, auf der Glasröhre geteilt.	60
Fortinsches Barometer, Reiseinstrument zum Höhenmessen mit Metallstativ und Lederetui	220
Gefüllte Röhren zur Reserve verpackt à Stück	20
(Oder Aneroidbarometer, größeres „Stationsbarometer“ 40 Mk. und Siedethermometer zur gelegentlichen Kontrolle.)	-
Regenmesser nach Hellmann mit Sammelgefäß und für Tropenregen eingerichtet mit zwei Meßgläsern.	12
Wildsche Windfahne mit Stärketafel	42
Eventuell:	
Wolkenspiegel nach K. Preuß. Met. Institut.	15
Insolationsthermometer mit schwarzer Kugel in luftleerer Glashülle	36
Erdbodenthermometer in $^1/_5{}^0$ geteilt, für größere Tiefen in $^1/_{10}{}^0$ . . . . à	10
Lamontscher Kasten dazu	30

Registrierapparate.

Aneroidbarograph	115
Thermograph	105
Hygrograph	125
Registrierender Regenmesser Hellmann-Fueß	176
100 Blatt Registrierpapier dazu	5
Sonnenschein-Autograph (Campell-Stokes).	120
Autographen-Papiere für feuchte Tropenklimate bei Bohne in Berlin S., Prinzenstraße 90.	

Ferner aus andern Werkstätten:

Hygrometer von Lambrecht in Göttingen, bestes Reiseinstrument (Koppesches für Reise weniger zu empfehlen)	30
Darmers Quecksilber-Reisebarometer. Großherzgl. Sächsische Fachschule und Lehrwerkstatt für Glasinstrumente zu Ilmenau	40–60[1]

(Mit Messingfutteral und Tragriemen.) Aluminiumfutterale kosten 3.50 Mk. mehr. (Reparaturen, neue Füllung usw. $7^1/_2$—$8^1/_2$ Mk., neuer Schlauch allein 2 Mk.) Gebrauchsanweisung und Temperatur-Reduktionstafeln werden beigegeben. Gewicht der Instrumente mit Aluminiumfutteral 1.65 kg.

In Wien liefert Instrumente zu meteorologischen Beobachtungen Kappellers Nachfolger J. Jaborka. IV. 1. Freihaus.

---

[1]) 40 ohne Nonius, 50 mit Nonius ohne Trieb, 60 mit Nonius und Trieb. Für Höhen über 5000 m um 3 Mark mehr.

Druck (Spannkraft) des gesättigten Wasserdampfes in Millimetern.

Temp.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
— 30	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
— 29	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
— 28	0.4	0 4	0.4	0.4	0.3
— 27	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
— 26	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
— 25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
— 24	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
— 23	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
— 22	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
— 21	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
— 20	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
— 19	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
— 18	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
— 17	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
— 16	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
— 15	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
— 14	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
— 13	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
— 12	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
— 11	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7
— 10	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
— 9	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0
— 8	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2
— 7	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4
— 6	2.8	2 8	2.7	2 7	2.6
— 5	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9
— 4	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1
— 3	3.6	3.6	3.5	3.4	3.4
— 2	3.9	3.9	3.8	3.7	3.7
— 1	4.2	4.2	4.1	4.0	4.0
— 0	4.6	4.5	4.5	4.4	4.3
0	4.6	4.6	4.7	4.8	4.8
1	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2
2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6
3	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0
4	6.1	6.1	6.2	6.3	6.4
5	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9

Temp.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
6	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4
7	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
8	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4
9	8.5	8.7	8.8	8.9	9.0
10	9.1	9.3	9.4	9.5	9.6
11	9.8	9.9	10.0	10.2	10.3
12	10.4	10.6	10.7	10.8	11.0
13	11.1	11.3	11.4	11.6	11.7
14	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5
15	12.7	12.8	13.0	13.2	13.3
16	13.5	13.7	13.9	14.0	14.2
17	14.4	14.6	14.8	15.0	15.1
18	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1
19	16.3	16.5	16.7	16.9	17.1
20	17.4	17.6	17.8	18.0	18.2
21	18.5	18.7	18.9	19.2	19.4
22	19.6	19.9	20.1	20.4	20.6
23	20.9	21.1	21.4	21.6	21.9
24	20 1	22.4	22.7	23.0	23.2
25	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7
26	25.0	25.2	25.6	25 9	26.2
27	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7
28	28.1	28.4	28.7	29.1	29.4
29	29.7	30.1	30.4	30.8	31.2
30	31.5	31.9	32.2	32.6	33.0
31	33.4	33.7	34.1	34.5	34.9
32	35 3	35.7	36.1	36.5	36.9
33	37.4	37.8	38.2	38.6	39.1
34	39.5	40.0	40.4	40 9	41.3
35	41.8	42.2	42.7	43.2	43.7
36	44.2	44.6	45.1	45.6	46.1
37	46.6	47.2	47.7	48.2	48.7
38	49.3	49.8	50.3	50.9	51.4
39	52.0	52.6	53.1	53.7	54.3
40	54.9	55.4	56.0	56.7	57.3
41	57.9	58.5	59.1	59.7	60.4
42	61.0	61.7	62.3	63.0	63.6

Formular B.

Meteorologische Beobachtungstabelle.

Ort .... **Beobachter** ....

NB.! Fällt eine Beobachtung aus, so ist an ihre Stelle ein Strich — zu setzen!!

Monat	Thermometer			Regenhöhe in Millimetern und Bruchteilen von solchen			Windrichtung und Stärke			Gewitter und Wetterleuchten	Bemerkungen
Jahr	a. m.	p. m.	p. m.	.... Uhr morgens	.... Uhr abends	Summe	a. m.	p. m.	p. m.		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9 usw.											
30											
31											
Summe											

Der Regenmesser mufs frei **und mindestens ebenso weit entfernt von Bäumen oder Häusern aufgestellt** sein, **als diese selbst hoch** sind. Die Messung der Niederschläge hat täglich einmal, oder, wenn es der Beobachter irgend ermöglichen kann, besser z w e i m a l, morgens und abends zu gleicher Stunde, am besten um 6 Uhr zu erfolgen. Es sollte der Beobachter den Regenmesser **regelmäfsig täglich** nachsehen, weil kleine, namentlich in der Nacht fallende Regenmengen, die auf dem Erdboden leicht verdunsten, seiner Aufmerksamkeit und somit der Aufzeichnung sonst ganz entgehen. Niederschläge, die keinen mefsbaren Betrag ergeben, sind mit 0.0 in die Tabelle einzutragen, während an niederschlagfreien Tagen in die betreffende Spalte ein Punkt (.) zu setzen ist. Ausfallende Beobachtungstermine sind durch einen Strich — zu bezeichnen. In solchen Fällen wird man die bei Wiederaufnahme der Beobachtungen in dem Sammelgefäfs etwa vorgefundene Regenmenge selbstverständlich genau zu messen und in der Rubrik „Bemerkungen" anzugeben haben, wie viel Beobachtungstermine ausgefallen sind. Beim Ablesen der Regenhöhe ist darauf zu achten, dafs das Mefsglas senkrecht steht, und dafs das Auge des Beobachters in gleicher Höhe mit der Oberfläche des eingegossenen Wassers sich befindet. Dem Regenmesser sind häufig zwei Sorten Mefsgläser beigegeben, das gröfsere Mefsglas gestattet meist 25 mm Niederschlag auf einmal zu messen und können Bruchteile von Millimetern, was wünschenswert ist, noch schätzungsweise bestimmt werden. Bei geringeren Regenfällen benutzt man besser das kleinere Mefsglas, welches so geteilt ist, dafs der Raum zwischen zwei aufeinander folgenden Teilstrichen einem Zehntelmillimeter (geschrieben 0.1 mm) Regenhöhe entspricht. Die ganzen Millimeter sind auf dem Mefsglas durch die beigesetzten Ziffern 1—10 gekennzeichnet. Die Notierung der Regenhöhe hat **immer auf Zehntelmillimeter genau** zu erfolgen. Dezimalpunkt einzusetzen nie zu unterlassen, auch wenn nur ganze Millimeter gemessen worden sind, z. B. 13.0 nicht blofs 13. Würde also z. B. das Sammelgefäfs 127.8 mm enthalten, so würde man mit dem grofsen Mefsglas erst viermal je 25 mm abzumessen haben, dann zweimal mit dem kleinen je 10 mm und würde dann bei der sechsten Messung der aus der Sammelflasche in das Mefsglas übergeleerte Rest des Wassers in demselben beim achten Teilstrich oberhalb des mit 7 bezeichneten längeren Striches stehen, was 7.8 mm bedeutet. **Die Summe dieser Messungsergebnisse, also 25+25+25+25+10+10+7.8 mm hat man als 127.8 mm in die Tabelle einzutragen.**

Höhe der Thermometerkugeln über dem Erdboden .... Meter.

Korrektion des Maximumthermometers No. ....

Korrektion des Minimumthermometers No. ....

Korrektion des Wasserthermometers No. ....

itter us welcher Richtung kommt s Gewitter?	Wetter-leuchten (Himmels-richtung!)	Regenmesser[4]) mm			Temperatur des Flusses oder der Quelle	Bemerkungen (Für allgemeine Witterungs-notizen und besondere Er-scheinungen bestimmt[5])
		... Uhr morgens	... Uhr abends	Summe		

ılt sich das Minimumthermometer morgens abzulesen und erst mittags
gessen werden, die Zahl „0“ in die Bewölkungsrubrik einzutragen. Regnet
B. 10 ●, 10 ≡ usw. — [4]) Es empfiehlt sich, den Regenmesser zweimal
ıhsten Abkürzungen für die Bezeichnung der einzelnen meteorologischen
ıus den Beobachtungszahlen braucht von den Herren Beobachtern nicht

Drachenaufstiege zu meteorologischen Zwecken.

Von

W. Köppen.

---

1. Unter welchen Umständen ist die Verwendung von Drachen auf Forschungsreisen angezeigt?

Da die meteorologische Drachentechnik erst ein Jahrzehnt alt ist — 1894 wurde der erste Registrierapparat mit Uhrwerk von einem Drachen in die Luft gehoben —, so befinden wir uns auf diesem Gebiet noch in dem anregenden Stadium der Entdeckungsreisen, wo fortwährend neue, nicht vorhergesehene Tatsachen einzuheimsen sind. Was bis jetzt gewonnen ist, bezieht sich fast ausschliefslich auf einige Punkte Europas und Nordamerikas. Im Gegensatz zu den Ballonfahrten ist aber die Drachentechnik verhältnismäfsig so einfach und wenig kostspielig, dafs eine die Erde umspannende Klimatologie der freien Atmosphäre resp. der vertikalen Verteilung der meteorologischen Erscheinungen nicht mehr eine Utopie ist, sondern die Legung der Grundlagen dafür in Angriff genommen werden kann. Und zwar sind es Expeditionen und Forschungsreisende, von denen wir diese aufklärende Arbeit vor allen erwarten können, weil die Ausbreitung fester Drachenstationen über viele verschiedene Klimate, von der wir später die genauere Feststellung der Tatsachen erhoffen dürfen, naturgemäfs nur langsam und unvollständig vor sich gehen wird. Die Revision aller meteorologischen Lehrsätze von dem erst jetzt möglich gewordenen Standpunkte der freien Atmosphäre aus wird eine Hauptaufgabe der Meteorologie in den nächsten Jahrzehnten bilden. Kürzere Reihen meteorologischer Drachenaufstiege in den verschiedensten Klimaten anzustellen wird daher in den nächsten Jahren und Jahrzehnten eines der lohnendsten Unternehmen im Gebiete der physischen Geographie sein, weil im Anfang

schon solche Reihen zur annähernden Feststellung der grofsen Züge hervorragenden Wert haben werden.

Dennoch kann man nicht empfehlen, dafs Forschungsreisende, die andre Zwecke verfolgen, meteorologische Drachenaufstiege nebenbei in ihr Programm aufnehmen. Denn es gehört eine gute Ausrüstung, ein geschultes, wenn auch kleines Personal und eine Menge Zeit und Aufmerksamkeit dazu, um wirklich wertvolles Material auf diesem Wege zu gewinnen, und wer über diese Dinge nicht verfügt, wird möglicherweise die neue Methode mehr diskreditieren als der Sache nützen. Der Gegenstand steht aber an Wert und Interesse hinter keiner andern Aufgabe der Geographie zurück und verdient es wohl, dafs ein Teil der grofsen Opfer an Geld und Arbeit, die heutzutage Expeditionen aller Art zugewendet werden, ihm gewidmet werde. Ist aber einmal diese Gleichwertigkeit zugestanden, so lassen sich recht wohl wertvolle Drachenaufstiege sei es mit ozeanographischen Schiffsreisen oder physikalisch-geographischen Studien in fernen Ländern oder auch und insbesondere mit sportlichen und touristischen Zwecken verknüpfen, und dürfen wir eine Förderung unserer Kenntnisse von der freien Atmosphäre nicht nur von Regierungen und gelehrten Gesellschaften, sondern auch von wohlhabenden Privaten erwarten. Es handelt sich dabei durchaus nicht notwendig um Aufstiege bis in die gröfsten erreichbaren Höhen von 3 bis 6 km; für manche Fragen sind freilich solche unbedingt nötig, viele andre lassen sich aber schon durch Aufstiege innerhalb der untersten 1000 m erheblich fördern. Haben doch die Aufzeichnungen auf dem Eiffelturm in nur 300 m über dem Boden manche Fragen der Meteorologie für die Festländer ganz bedeutend geklärt, über die wir von den Ozeanen noch gar nichts wissen. Beispielsweise ist die tägliche Periode der Lufttemperatur in den untersten 500 m über dem Ozean eine Frage von grofser theoretischer Bedeutung. Nur ist zu beachten, dafs solch ein intensiveres Studium der untersten Luftschichten im allgemeinen genauere Instrumente verlangt, als für hohe Aufstiege nötig sind, wo es sich um gröbere Unterschiede handelt.

2. Ausrüstung.

a) Draht und Haspel.

Um Drachenaufstiege in Höhen von mehr als 500 m in lohnender Weise auszuführen, mufs man als Leine gehärteten Gufsstahldraht — Klaviersaitendraht — anwenden. Schnur

von gleicher Festigkeit hat sowohl zu viel Gewicht als insbesondere zu grofsen Querschnitt und wird infolgedessen zu sehr vom Wind herabgedrückt, um bedeutende Höhen erreichen zu lassen. Es werden zu diesem Zweck Drähte von 0.4 bis 1.1 mm Durchmesser verwendet. Für Drachen der weiter unten beschriebenen Gröfsenverhältnisse sind solche von 0.6 bis 0.8 mm Durchmesser am geeignetsten, wenn der Haspel mit der Hand betrieben wird. Bei Motorbetrieb ist, um höhere Aufstiege zu erzielen, für den unteren Teil der Leine Draht von 0.9 und 1.0 mm Durchmesser zu nehmen.

Gufsstahldraht wird in Deutschland in ausgezeichneter Beschaffenheit hergestellt. Die bekanntesten Fabriken sind Felten & Guilleaume (Carlswerk, A. G.) in Mülheim a. Rh. und Moritz Poehlmann in Nürnberg; doch mag auch an andern Stellen ebenso gute Ware zu haben sein. Der Draht ist, auf Spulen aufgewickelt (nicht in „Kränzen"), in Stücken von 1—4 km Länge zu bestellen. Der Preis beträgt 4—5 Mk. pro kg; 1000 m Draht wiegen beim Durchmesser 0.6 mm 2.2 kg, 0.7 mm 3.1 kg, 0.8 mm 4.0 kg, 0.9 mm 5.0 kg. Die Zerreifsfestigkeit des 0.7 mm Drahtes beträgt zirka 110 kg und ist gleich derjenigen einer guten Hanfschnur von zirka 4 mm Durchmesser, von der 1000 m 10—15 kg, also drei bis fünfmal mehr wiegen.

Da die Festigkeit des ganzen Systems gleich derjenigen seines schwächsten Punktes ist, so mufs gröfste Aufmerksamkeit darauf gerichtet werden, dafs keine Stelle des Drahtes durch Rost, Knicke oder gar Kinken geschwächt sei. Zweifelhafte Stellen ist es besser herauszuschneiden und durch eine Splissung zu ersetzen. Gegen das Rosten mufs der Draht nach jedem Nafswerden durch Lappen oder Bäusche gezogen werden, die ihn trocken wischen und ölen. Beim Aufbewahren ist er am besten mit Paraffin oder Talg zu decken. Ferner mufs die Schwächung des Drahtes oder der Schnur in den Verbindungen — in Knoten, Splissungen und Augen — auf ein Minimum reduziert werden. Die Knickung, die der Draht oder die Schnur an diesen Stellen notwendig erhalten müssen und durch welche das Gleiten der Teile aneinander verhütet wird, mufs nicht sofort beim Eintritt in die betreffende Verbindung, sondern erst weiterhin geschehen, wo ein grofser Teil der Spannung durch Reibung auf andre Drahtstücke übernommen ist. Die guten Knoten, wie Pahlstek, Reffknoten (= Kreuzknoten), Schotenstek (=Weberknoten), Webeleinstek entsprechen dieser Forderung; die im Alltagsleben üblichen Knoten dagegen nicht. Man lasse sich gute Knoten von Seeleuten oder

sonstigen Geübten lehren; die drei wichtigsten sind in der Figur 1 dargestellt, nämlich in a der Reffknoten, in b der Pahlstek, der eine sich nie zuziehende und, wenn aufser Spannung, stets leicht zu lösende Schleife gibt; denkt man sich das Stück *n m* weg, so ist der Rest ein Schotenstek.

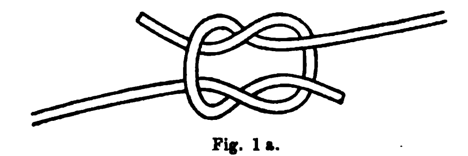


Fig. 1 a.

Für die Verbindungen von Schnur mit Draht und von Draht mit Draht haben sich in der Drachentechnik sogen. Augen an den Enden der Drahtstücke als das einfachste und zweckmäfsigste erwiesen. Man schneidet ein etwa 30 cm

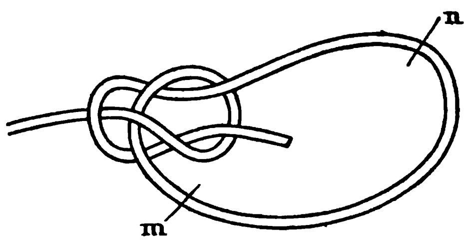


Fig. 1 b.

langes Stück Draht ab, legt dessen Mitte etwa 50 cm vom Ende des langen Drahtes an diesen und dreht beide einige Zentimeter weit umeinander herum, wie man eine Schnur schlägt, legt dann dieses Stück zu einem Auge (Öse *a* in

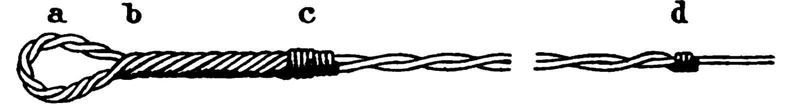


Fig. 2.

Fig. 2) von etwa $1^1/_2$ cm Durchmesser um, fafst das Auge fest mit Zange oder Feilkloben, mit einem zweiten Feilkloben, der 1 bezw. 2 Rinnen in der Mitte hat, fafst man lose die vier Drähte bei *b* und schlägt dieselben durch Drehen und Auseinanderziehen dieser Feilkloben zu einem nur zirka 4 cm

langen Kabel, worauf man die freien Enden des Verstärkungsdrahtes bei *c* rechtwinklig abbiegt, je zwei- bis dreimal um das Kabel biegt und dann kurz abschneidet. Die beiden Äste des Hauptdrahts aber legt man in derselben Weise in je weiter um so schlankeren Windungen umeinander auf einer Strecke von 30—40 cm, so dafs schliefslich der lange Ast fast gerade liegt, und verfährt mit dem kürzeren bei *d* ebenso, wie mit dem Verstärkungsdraht bei *c*. Um eine Verschiebung dieses freien Endes der Splissung zu verhindern, ist es ratsam, es auf eine Länge von zirka 10 cm mit klebrigem sogen. Isolirband zu bewickeln, das festgebunden wird. Da die Spannung, die auf der Strecke *a* — *c* auf vier Drähten liegt, mit der Annäherung an *d* auf einen einzigen übergeht, so mufs man sich hüten, diesen Hauptdraht durch Knicken oder Ritzen zu schwächen; der Feilkloben mufs deshalb entweder aus Holz oder mit Kupfer gefüttert sein.

Durch dieses Auge wird nun das anzuknüpfende Schnur- oder Drahtende geschlagen. Handelt es sich um Draht, so wird das neue Auge ganz ebenso hergestellt wie das erste. Die Erfahrung hat gezeigt, dafs diese Verbindungsweise, trotzdem sie roh erscheint, keine Gefahr mit sich bringt. Die Augen werden allerdings mit der Zeit in die Länge gezogen; werden sie dabei schliefslich zu eng, um die weiter unten zu besprechenden Nebenleinen und Haken aufzunehmen, oder fürchtet man eine Schwächung des Drahts darin, so läfst sich das Auge mit leichter Mühe wegschneiden und erneuern, auch wenn dieses während eines Aufstieges geschehen soll, um die Arbeit des Auf- und Abwickelns zu sparen. Ein solches Erneuern kommt kaum in Frage, wenn man, wie in Grofs-Borstel stets geschieht, den Draht im Auge nicht doppelt, sondern dreifach nimmt.

Der Vorteil dieser „Augsplissungen" besteht besonders darin, dafs sie in der einfachsten und besten Weise Anheftungsstellen für die Zweigleinen von Hilfsdrachen darbieten. Fallen die Drachen schnell, so werden beim Einholen diese Zweigleinen einfach weggeschnitten, und das Einholen braucht nur für Sekunden unterbrochen zu werden. Die Augen gehen durch Öffnungen von 8 mm und darüber ohne Schwierigkeit hindurch.

Es würde zu weit führen, hier die vielen andern Methoden, Drähte unter sich und mit Schnüren zu verbinden, darzustellen. Es genüge hier die einfachste, die sich auf den Drachenstationen zu Hald und nachher zu Grofs-Borstel durchaus bewährt hat, beschrieben zu haben. Wie man diese Aug-

splissungen verwendet, um eine Sicherheitsvorrichtung gegen übermäfsiges Anwachsen der Spannung im Draht zu schaffen, und wie man verfährt, wenn ein Hilfsdrache an einer Stelle des Drahtes angebracht werden soll, wo keine Augsplissung in der Nähe ist, dies wird weiter unten beim Besprechen des Arbeitens mit Hilfsdrachen erläutert werden.

Unentbehrlich zum meteorologischen Drachenbetrieb ist ein kräftiger Haspel (eine Winde), der entweder mit Menschenkraft (mindestens zwei kräftige Männer) oder mittels eines Motors den Draht aufzuwickeln und die Drachen einzuholen gestattet. Beabsichtigt man grofse Reihen von Aufstiegen über 2000 m Höhe, so mufs man sich um eine mechanische Kraft bemühen; Aufstiege bis zu 1500 m lassen sich dagegen bequem mit Handbetrieb ausführen. Auf einem Expeditionsschiff werden sich dieselben Einrichtungen treffen lassen wie für Tiefseelotungen; ist doch überhaupt ein wissenschaftlicher Drachenaufstieg in vielen Stücken einer Lotung nach oben zu vergleichen. Für einen temporären Motorbetrieb an Land dürfte ein Explosionsmotor — sei es ein stationärer oder ein Automobilmotor — das Geeignetste sein, doch wird dann die Winde im fertigen Zustand schwerlich unter 1500 Mk. herzustellen sein. Eine geeignete Handwinde für Drachen mit gufseiserner Trommel ist in der Eimsbütteler Maschinenfabrik zu Hamburg für 280 Mk. zu haben. Nimmt man die Trommel aus Gufsstahl, so wiegt die Winde statt 112 kg nur 94 kg und bietet doch gegen eine Zertrümmerung der Trommel durch den Druck der vielen Drahtwindungen bedeutend gröfsere — wohl absolute — Sicherheit; bei Eisengufs ist diese Zertrümmerung bereits wiederholt vorgekommen. Der Preis der Winde erhöht sich aber dann auf 320 Mk. Die Winde läfst sich mittels zweier eingeschobener Stangen von zwei Männern tragen. Während des Aufstiegs mufs sowohl für ihre Befestigung als für gute Ableitung der Luftelektrizität gesorgt sein, die sonst lästig und gefährlich werden kann. Wo der Anschlufs an eine gröfsere Wassermasse nicht möglich ist, wird es im allgemeinen genügen, zwei mit der Trommel in leitender Verbindung stehende Stücke sogen. Hundekette von 3—4 m Länge auf den Boden zu legen und Kette und Boden mit einigen Eimern Wasser zu begiefsen. Ist an jeder der Ketten in etwa 1½ m Abstand von der Winde ein Spaten befestigt, der in den Boden getreten oder geklopft wird, so kann damit nicht nur die Ableitung verbessert, sondern zugleich eine Verankerung der Winde gegen den Zug der Drachen hergestellt werden.

Auf einer festen Station ist es am zweckmäfsigsten, den Haspel in einem drehbaren Häuschen aufzustellen, welches das Personal und das Gerät vor Wind und Regen schützt und durch dessen nach lee gedrehte hohe und breite Tür der Draht zu den Drachen geht. Auf Reisen kann ein tragbares



Fig. 3. Drachenwinde mit Schutzdach.

Zelt dieselbe Aufgabe einigermafsen erfüllen. Ein solches mit doppeltem Dach, von dem sich ein Schutzsegel, wenn nötig, nach hinten bis zum Boden ausspannen läfst, mit leichtem Bambusgerüst ist auf Fig. 3 in Verbindung mit der soeben beschriebenen Winde dargestellt; sein Preis stellt sich auf 45 Mk.

Wichtige Nebenteile eines Drachenhaspels sind das Zählwerk, das die Länge des ausgelassenen Drahtes, und das Dynamometer, das die Spannung im Draht angibt. Diese sind in den oben angegebenen Preisen mit eingerechnet.

b) Drachen, deren Bau und Reparatur.

Die unerwarteten Erfolge, welche die Verwendung der Drachen für die Meteorologie seit 1895 gebracht hat, haben zum Ausgangspunkt die Erfindung des mehrzelligen Kastendrachens durch Hargrave, da die älteren Drachen nicht die für diese Zwecke notwendige Stabilität und Hubkraft hatten.

Unter den mannigfachen Formen, welche dem mehrzelligen Kastendrachen bisher gegeben worden sind, soll hier diejenige näher beschrieben werden, die zurzeit auf der Drachenstation der Seewarte eingeführt ist, weil sie sich bei sehr einfachem Bau vor andern meteorologischen Drachen dadurch auszeichnet, dafs sie sich vollständig zu einer wenig zerbrechlichen und leicht wegzustauenden Rolle zusammenlegen läfst, die ohne Kasten versandt werden kann, also für Reisende besonders geeignet ist.

Der Drache wird in zwei Gröfsen und teils mit elastisch zurückklappenden Flügeln, teils ohne solche gebaut, also in vier verschiedenen Ausführungen mit $5^1/_2$, 4, $3^1/_2$ und $2^1/_2$ qm Tragfläche. Das reicht für die wechselnden Bedürfnisse des Dienstes aus und gestattet ein schnelles Bauen und leichtes Ersetzen zerbrochener Teile. Figur 4 stellt die am häufigsten benutzte geflügelte Form dar. Die Drachen kosten 30 bis 65 Mark.

Die Stöcke sind meistens aus sehr leichtem, kalifornischem Rotholz (redwood), nur die am meisten beanspruchten aus Föhre. Schwere Hölzer, z. B. Esche, sind für Drachenbau ungeeignet.

Bei den grofsen Drachen dieser Form besteht das Gestell aus zwölf Stöcken von 24 × 12 mm Querschnitt, die den Körper bilden, aus zweimal drei dünneren Stöcken, die durch je ein drehbares Blechscharnier verbunden sind und das Gerippe der Flügel abgeben, und aus einigen kleineren, minder wesentlichen Stöckchen. Von jenen zwölf haben die vier Längsstöcke, an denen das Zeug befestigt ist, je 214 cm Länge; die acht übrigen — nämlich vier Querstöcke von 160 cm und vier Streben von 105 cm Länge — sind an ihren Enden mit hölzernen seitlichen Backen versehen, mittels deren sie auf die Längsstöcke rittlings aufgeschoben werden. Sie bilden vier Kreuze, je 10 und 68 cm von den Enden und sind an

den Kreuzungsstellen zusammengebunden. Bei der kleinen Form sind alle Maſse $^3/_4$ der obigen.

Der Bezug der Drachen besteht aus zwei Banden leichten Baumwollenzeuges von 64 bezw. 48 cm Breite am vorderen und hinteren Ende, die eine leere Zelle von 80 cm Länge zwischen sich lassen. Die freien Ränder des Zeuges tragen

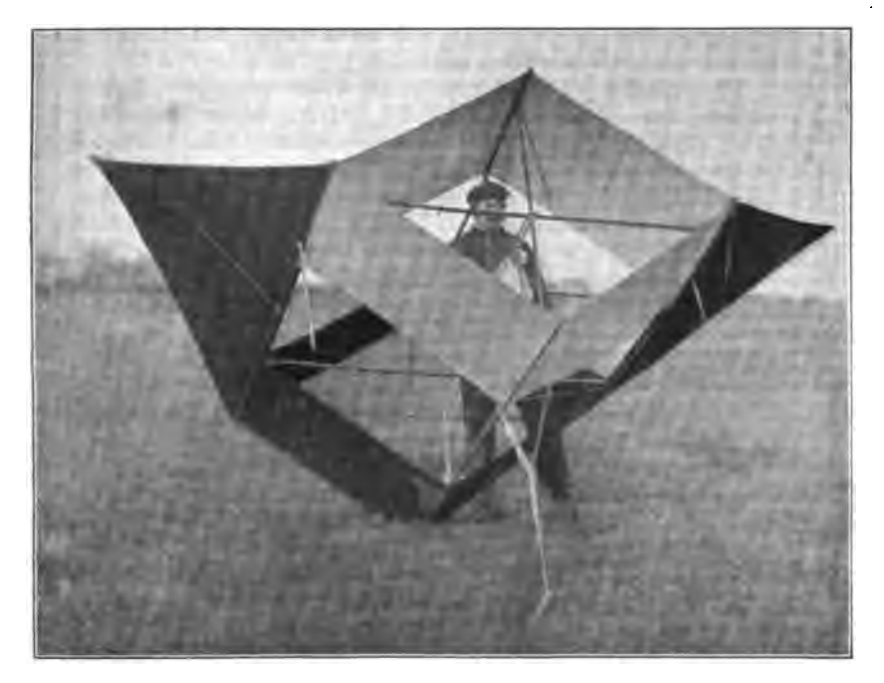


Fig. 4. Geflügelter Kastendrache.

Hohlsäume mit kräftigen Litzen. Die Flügel sind rechtwinkelige Dreiecke von $^1/_2 \times 96 \times 184$ cm Fläche, die mit der Hypotenuse auf den Seitenleisten des Drachens aufsitzen. Von den vorderen Enden der Winkelhebel, die ihre Arme bilden (vergl. Fig. 4), sind dünne Schnüre durch einen Ring am unteren[1]) Längs-

[1]) Als untere oder Bauchseite des Drachens wird diejenige bezeichnet, an der die Leine befestigt ist und die im Fluge unten liegt, als obere oder Rückenseite die entgegengesetzte, und in demselben Sinne des Fluges sind auch die Ausdrücke vorn und hinten (Kopf und Schwanz) zu verstehen.

stab in der Höhe dieser Arme nach einer gemeinsamen elastischen Schnur geführt, deren Ende am hinteren Ende dieses Stabes befestigt ist. Nimmt der Druck des Windes auf die Flügel zu, so dehnt sich diese Gummischnur aus, und die Flügel legen sich, und zwar stets beide gleichmäfsig, zurück, die Tragfläche des Drachens verkleinernd. Die geflügelten Drachen brauchen zum Steigen bedeutend weniger Wind als flügellose, ohne an Stabilität und Haltbarkeit, bei richtigem Bau, hinter diesen zurückzustehen.

Da sich der Winddruck auf eine Platte proportional dem Quadrate der Windgeschwindigkeit ändert, so ist eine möglichste Milderung dieser Hauptschwierigkeit des Drachenbetriebes anzustreben. Mindestens der oberste, das Instrument tragende Drache sollte deshalb stets, abgesehen von den eventuellen elastisch zurückweichenden Flügeln, auch eine „elastische Bucht“ erhalten. Als Bucht oder Zügel wird die Verzweigung der Drachenleine unmittelbar am Drachen bezeichnet. Der eine aus fester Schnur oder Draht bestehende Zweig geht zum vorderen Ende des Drachens, wo er unmittelbar vor dem Zeuge an dem untersten Längsstock durch Webeleinstek befestigt ist. Der andre Zweig, aus mehrfach genommener besponnener Kautschukschnur bestehend, ist unmittelbar hinter dem Zeuge der Vorderzelle festgemacht. Die Vereinigungsstelle der Zweige mufs, wenn die Bucht zur Seite gelegt wird, etwas hinter die Mitte der Vorderzelle fallen. Bei zunehmendem Druck des Windes legt sich der Drache durch Dehnung der Gummischnur horizontaler.

Der Meteorograph wird an zwei Stöcken in der Mittelachse des Drachens zwischen den vorderen Kreuzen, nahe am zweiten Kreuz befestigt.

c) Registrierapparate.

Als Meteorographen, die zum Heben durch Drachen bestimmt sind, kommen vorläufig nur solche in Betracht, die nach dem Richardschen Prinzip mittels Zeiger auf einer ein Uhrwerk umschliefsenden Trommel aufzeichnen, da die auf andern Prinzipien beruhenden Meteorographen von Afsmann und Dines, so viel bekannt, noch nicht käuflich zu haben sind.

Jene Meteorographen werden in verschiedener Ausführung an mehreren Stellen zu Preisen von 200 bis 600 Mk. hergestellt. Ihr Gewicht beträgt 0.4—1.5 kg. Sie zeichnen teils nur Luftdruck, Lufttemperatur und Feuchtigkeit, teils daneben auch Windgeschwindigkeit auf. Da gerade die vertikale

Verteilung der letzteren grofses Interesse besitzt, ist es nicht zu empfehlen, für Drachenaufstiege Apparate ohne Windmessung anzuwenden.

Für Stationen, die auf dem Festlande in kultivierter Umgebung gelegen sind, spielt die Anschaffung eines Drachen-Meteorographs die Rolle einer einmaligen Ausgabe; denn wenn derselbe im Drachen angebracht wird, erleidet er auch beim Fortfliegen des Drachens sehr selten eine Beschädigung, und der Verlust eines Apparates ist erfahrungsmäfsig kaum zu fürchten. Der Preis desselben kommt daher gegenüber den andern notwendigen Ausgaben wenig in Betracht, und man kann unbedenklich die teuersten Apparate nehmen, wenn sie die besten Garantien für die Brauchbarkeit der Aufzeichnungen geben. Anders ist es mit Aufstiegen auf dem Meere und in unkultivierten Ländern, wo die Gefahr des Verlustes von Meteorographen beim Abreifsen der Drachen sehr viel gröfser ist. Für Reisende werden sich daher die in Berlin und Hamburg angewandten teuren Apparate von Schneider Bro's in New York nach Marvins System und die wenig billigeren von Richard in Paris weniger empfehlen als die erheblich wohlfeileren von Bosch (nach Professor Hergesell) in Strafsburg, von Teisserenc de Bort — Paris oder von Kusnetzoff in Pawlowsk.

Der Preis eines geprüften Hergesellschen Meteorographs mit Korkkasten und Anemometer beträgt nur 218,50 Mk; dabei ist dieser Apparat der leichteste von allen käuflichen und ist in seinen Angaben bei niedrigen Drucken und niedrigen Temperaturen besonders zuverlässig.

d) Übriges Zubehör.

Aufser einem Haspel und dem nötigen Vorrat an Draht, Drachen und Registrierapparaten mufs der Reisende, um ein erfolgreiches Arbeiten zu sichern, noch eine Reihe von Gegenständen mitnehmen.

Zunächst ist ein kleiner Vorrat an elastischer und an gewöhnlicher Schnur, letztere von 2 und 3 mm Durchmesser, unentbehrlich für die „Buchten“ und für andere Zwecke, eventuell auch als Nebenleinen; ebenso Material zur Reparatur beschädigter Drachen: etwas Zeug, Bindfaden oder dünnere Schnur für Lieke usw. und ziemlich viel Holzleisten von den passenden Querschnitten, teils als fertig zugeschnittene Stöcke, die nur in die Drachen zum Ersatz der zerbrochenen eingesetzt zu werden brauchen, teils noch nicht zugeschnittene

von 480 cm oder, wenn dies zu unbequem ist, von 214 cm Länge, um solche Stücke, von denen der Vorrat ausgegangen ist, herstellen zu können oder kleinere Schäden durch Leimen und Laschen auszubessern.

Sodann ist einiges Werkzeug erforderlich: ein Hobel, eine kleine Säge, einige feine Bohrer, eine Flachzange, mehrere Beifszangen bester Qualität für den Stahldraht, zwei Feilkloben mit Kupferfüllung für die Splissungen, Feile, Raspel, Schraubenzieher und sog. Engländer.

Ferner zum Gebrauch während der Aufstiege aufser dem nötigen Vorrat an Öl und Lappen oder Twist für Winde und Draht: eine leichte Aluminiumrolle für das Landen, eine stärker gebaute Rolle zum eventuellen Leiten des Drahtes, beide nicht unter 10 cm Durchmesser und mit einer zum Abnehmen vom Drahte eingerichteten Gabel. Sodann einen Höhenmesser, um die Winkelhöhe des Drachens zu messen. Ein Pendelquadrant, der nach meiner Angabe vom Mechaniker Herrn Karl Seemann in Hamburg für 20 Mk. in Hartgummi hergestellt wird, dient für diesen Zweck und zur Messung des Winkels zwischen Draht und Horizont befriedigend.

Um die Angaben der Registrierapparate kontrollieren und auf wahre Werte reduzieren zu können, mufs man einige meteorologische Instrumente haben. Für Temperatur und Feuchtigkeit ist Asmanns Aspirationspsychrometer am geeignetsten. Für die Windgeschwindigkeit kann ein kleines geprüftes Anemometer von Fuefs-Berlin oder von K. Seemann-Hamburg genommen werden. Am schwierigsten ist es, die Luftdruckaufzeichnungen des Meteorographs zu kontrollieren. Mufs von der Mitnahme einer Luftpumpe mit grofsem Rezipienten, in dem man den Meteorograph und ein geprüftes Aneroid unterbringen kann, der Kosten und Umstände halber abgesehen werden, so bleibt, aufser Vergleichung vor und nach der Reise, nur die Kontrolle des Barogramms durch die unabhängige Höhenbestimmung aus der Drahtlänge und dem Höhenwinkel des Instrumentdrachens übrig, die bei sichtiger Luft soweit aufwärts als irgend möglich ausgeführt werden mufs[1]). Zu beachten ist auch die, bisweilen mit der Zeit zunehmende

[1]) Der Fehler, der durch die Abweichung des Drahts von der geraden Linie bedingt wird, ist nicht grofs und läfst sich einigermafsen korrigieren; er beträgt, in Prozenten der Drahtlänge, wenn die Höhe des Drachens 30° (40°) ist, bei einem Abgangswinkel des Drahts von 20° 0.5 (1.5) %, bei einem solchen von 10° 1.6 (3.0) %. Beträgt die Differenz beider Winkel weniger als 10°, so ist allgemein die Korrektion weniger als ½ %.

Temperaturkorrektion der Aneroiddosen, die wenigstens bei dem Luftdruck der Station leicht zu prüfen ist, sowie auch die elastische Nachwirkung bei diesen Dosen. Bei Berechnung der Höhen ist natürlich die Temperatur der betreffenden Luftschicht sorgfältig zu berücksichtigen, über die ja bei einem Drachenaufstieg, abweichend von dem gewöhnlichen Falle der barometrischen Höhenmessung an der Erdoberfläche, kein Zweifel besteht.

3. Ausführung der Aufstiege.

Vor dem Aufstieg werden die Temperatur- und Feuchtigkeitsangaben des Meteorographs mit denen des Psychrometers, natürlich unter möglichst einwurfsfreien Bedingungen, verglichen.

Der Aufstieg geschieht in der Weise, dafs der Drache von einer oder zwei Personen 50 bis 500 m weit — je schwächer der Wind, um so weiter — genau nach lee von der Winde getragen und dort emporgehalten wird, bis der Wind, bei gespanntem Draht, ihn fafst und emporträgt. Ist der Wind zu schwach hierzu, aber kann man in 200 m Höhe genügenden Wind erwarten, so schafft man durch minutenlanges schnelles Aufwickeln des Drahtes den fehlenden Wind für den ersten Ansprung des Drachens. Ist die Zunahme des Windes mit der Höhe nur gering, so sucht man durch abwechselnd rasches Auslassen des Drahtes um einige Hundert und rasches Einholen desselben um 50 oder mehr Meter den Drachen weiter emporzubringen. Es gelingt dies nicht selten, weil der Drache während des Auslassens nur sehr langsam fällt — auch bei ganz freiem Fall nur 2—4 m pro Sek. — dagegen von der Luftströmung horizontal fortgeführt wird und so mehr und mehr Draht für das nachfolgende Steigen zur Verfügung steht.

Bei Aufstiegen vom Dampfer aus fallen diese Schwierigkeiten grofsenteils fort, weil man es in der Hand hat, falls der Dampfer für solche Manöver disponibel ist, durch mehr oder weniger schnelles Andampfen gegen den schwachen Wind sich die nötige relative Luftbewegung zu verschaffen und nur bei völliger Windstille die Kraft der Maschine auf langsameren Dampfern dazu nicht ausreicht. Ist der verfügbare relative Wind nur schwach, so dürfte eine Methode, die auch auf dem festen Lande häufig mit Nutzen verwendet worden ist, auf dem Schiff besonders angebracht sein, nämlich das vorherige Auflassen eines kleineren leichten Drachens und Befestigen seiner Schnur am Rücken des Hauptdrachens (gegenüber dessen

Bucht); Aufstieg und Landung des letzteren gehen dann sehr bequem vor sich.

Der Meteorograph ist entweder schon vor dem Aufstieg im Drachen festgebunden — in der Gegend des hinteren Randes der Vorderzelle — oder er wird, sobald der Drache sicher zum „Stehen" gekommen ist, an den Draht befestigt. Auf dem Lande ist das erstere System entschieden vorzuziehen, namentlich weil beim Abreifsen des Drachens das Instrument bei dieser Anbringung selbst aus mehreren Tausend Metern Höhe unbeschädigt herunterkommt. An Bord, wo wegen mangelnden Raumes das erste Auflassen und Wiedereinfangen des Drachens mehr Gefahren bringt, und wo das Wiedererlangen abgerissener Drachen sehr zweifelhaft ist, dürfte es geraten sein, solange man nicht grofse Erfahrung im Drachendienste gewonnen hat, den Meteorograph erst an den Draht zu befestigen, wenn man den Drachen sicher in der Luft hat. Zur Befestigung dient ein Dinesscher Drahtbund ähnlich dem unten beschriebenen.

Wenn der Winkel, den der Draht bei der Winde mit dem Horizont bildet, unter eine gewisse Gröfse — z. B. 20 oder 15° — herabsinkt, so mufs er, wenn die Spannung im Drachendraht noch gesteigert werden darf, durch Hinzufügung eines Drachens an Zweigleine wieder verbessert werden, da andernfalls durch weiteres Auslassen von Draht nichts an Höhe mehr gewonnen wird. Am vorteilhaftesten geschieht dies Anbringen von Zweigleinen an den Stellen, wo Augsplissungen sich befinden, besonders dort, wo zugleich ein Übergang zu einer stärkeren Drahtsorte stattfindet, da durch Hinzuspannung eines Drachens natürlich der Zug im Draht wächst. Wenn also keine Stärkezunahme des Drahtes an dieser Stelle stattfindet, so ist entweder der Draht über ihr unnötig stark und schwer oder unter ihr gefährlich schwach.

Es ist indessen nicht möglich und, wenn man die unten beschriebene Sicherheitsvorrichtung benutzt, auch nicht nötig, Nebendrachen nur beim Übergang zu stärkerem Draht anzusetzen; vielmehr müssen durchschnittlich, nachdem der erste solche etwa 1000 m vom Hauptdrachen angefügt wurde, weitere in Abständen von etwa 600—1200 m einander folgen, um gute Höhen zu erreichen.

Das gefährlichste Vorkommnis bei einem Aufstieg ist ein Zerreifsen des Hauptdrahtes und Fortfliegen des den Apparat tragenden Drachens; schon in kultivierter Landumgebung ist dieses mit verschiedenen Unkosten und Unannehmlichkeiten verbunden, namentlich mit mehr oder weniger Drahtverlust;

auf dem Meere oder in einer Wüstenei aber droht dabei der völlige Verlust eines oder mehrerer Drachen und eines Meteorographs, denn wenn auch die Drachen ohne Beschwerung schwimmen, so können sie doch keine erhebliche Menge Draht tragen, sind auch, einmal aus Sicht gekommen, schwer aufzufinden.

Es ist daher sehr zu empfehlen, dieser Gefahr dadurch vorzubeugen, dafs man Vorkehrungen trifft zur automatischen Ablösung von Nebendrachen, wenn der Gesamtzug in der Hauptleine an ihrer Anheftungsstelle eine gefährliche Höhe erreicht. Zu diesem Behufe sind auf der Drachenstation der Seewarte alle Augsplissungen doppelt gemacht mit einem 30 cm langen Verbindungsstück dazwischen, das an jedem Ende ein Auge trägt. Dieses Verbindungsstück wird, wenn es gilt, einen Nebendrachen anzusetzen, durch ein etwas kürzeres, in die Augen eingehaktes Stück aufser Spannung gesetzt, in welchem sich ein schwächeres Drahtstück befindet, bei dessen Reifsen der Nebendrache abfliegt und damit den Hauptdraht entlastet. Durch diese Vorrichtung ist sicherlich oft schon die genannte Station vor einem Reifsen des Hauptdrahtes bewahrt geblieben. So einfach die Einrichtung übrigens in Wirklichkeit ist, so würde sie doch ohne längere Beschreibung und Abbildung kaum verständlich sein. Ich begnüge mich daher mit dem Hinweis, dafs ich gern bereit bin, eine Probe dieser Vorrichtung Interessenten zuzusenden, und dafs eine Beschreibung derselben nächstens in den „Annalen der Hydr. u. Mar. Met." erscheinen wird. Besonders bei denjenigen Splissungen, die innerhalb einer und derselben Drahtdicke vorkommen — und es sollten solche mindestens eine auf jede 1000 m angebracht werden —, ist eine solche Sicherheitsvorrichtung nicht zu vergessen.

Mufs man aber, weil der Abgangswinkel des Drahtes gar zu schlecht und keine Augsplissung in der Nähe ist, einen Zweigdraht und Drachen an den glatten Draht selbst ansetzen, so wird auf der Drachenstation der Seewarte gegenwärtig ein von Dines angegebenes Verfahren eingeschlagen, das den Vorzug grofser Einfachheit hat: ein Stahldraht von $1^1/_2$ mm Durchmesser und 180 cm Länge wird ca. 5 cm von den beiden Enden rechtwinklig umgebogen und ca. 30 cm von einem dieser Winkel zu einem Auge gebogen, das mit Bindfaden festgebunden wird. Dieser Draht wird 15—20 mal um den Drachendraht gewunden, das kurze Ende aufwärts, und in das Auge wird die Schnur des Nebendrachens geschlungen. Auch zur Befestigung des Apparates, wenn dieser an den Draht ge-

hängt werden soll, kann ein solcher Klemmdraht dienen, jedoch mit einem Auge näher zur Mitte.

Als Zweigleine für den Nebendrachen ist ebenfalls dünner (0.5—0.7 mm) Stahldraht, mit Augen und Schnüren oder Stahlhaken an den Enden, am vorteilhaftesten. Die Zahl der Nebendrachen hängt natürlich von den wechselnden Umständen ab. In der Regel kommt einer auf je 600 bis 1200 m Leine. Ziehen die oberen Drachen gut, und ist in einiger Höhe genügend Wind vorhanden, so kann selbst bei annähernder Windstille unten ein Nebendrache an der Hauptleine hängend bis in den Wind gehoben werden, wo er dann ziemlich plötzlich emporgeht. Natürlich mufs der Drache zunächst, bis er frei vom Erdboden kommt, eine Strecke weit getragen werden, wobei man gelegentlich auch mit Vorteil ihn seitlich vom Hauptdraht ausbringt, damit er beim Auflassen, indem sich letzterer gerade streckt, hinaufgeschnellt wird. Auf dem Wasser dagegen müssen die Nebendrachen einzeln zum Steigen gebracht und dann erst am Hauptdraht befestigt werden.

Ist der Abgangswinkel des Hauptdrahtes so weit herabgesunken, dafs weiteres Auslassen keine erhebliche Höhenzunahme verspricht, und ist entweder die Zeit zu weit vorgeschritten oder die Spannung im Draht zu grofs, um weitere Nebendrachen anzufügen, so beginnt man mit dem Einholen.

Auf Reisen wird man in der Regel keine Winde mit eigenem Motor verwenden können, sondern nur die Wahl haben zwischen einer Handwinde und einer Anpassung an die vorhandene Maschinenkraft, was auch fast nur auf Dampfern in Betracht kommt.

Da für Handbetrieb ein Zug von mehr als 25 kg nicht mehr bequem auf längerer Strecke zu bewältigen ist, und für die Erreichung gröfserer Höhen die Hinzufügung weiterer Drachen[1]), also Zunahme des Zuges, notwendige Bedingung ist, so ist mit Handbetrieb über eine gewisse Höhe — 1500 bis 2000 m — nur unter besonders günstigen Bedingungen hinauszukommen. Mit Maschinenbetrieb dagegen kann man bis über 4 und selbst 5 km hinauskommen, wenn auch mit steigendem Risiko.

Wenn der Drachendraht, wie es bei den Handwinden und bei einem Teil der Maschinenwinden der Fall ist, unter seiner vollen Spannung in vielen Lagen auf dieselbe Trommel gewickelt wird, so üben die keilförmig zwischen

---

[1]) In Hamburg-Grofsborstel kommen durchschnittlich auf je 100 m erreichter Höhe 1 qm Drachenfläche, bei schwachen Winden mehr, bei starken weniger.

einander sich einschiebenden Drahtringe, deren Wirkung sich summiert, schliefslich einen so grofsen Druck auf die Backen der Trommel aus, dafs diese in der Richtung ihrer Achse zerrissen werden kann. Um die Trommel bei einem auf Transport berechneten Apparat nicht unnötig schwer nehmen zu müssen, empfiehlt es sich, beim Aufwickeln des Drahtes wiederholt — etwa alle 1000 m — geölte Pappe auf bezw. zwischen die Drahtlagen zu legen, wodurch diese Summierung der Wirkungen sehr eingeschränkt wird.

An Bord eines Dampfers kann verhältnismäfsig leicht Maschinenkraft für den Drachenbetrieb verwendet werden, wenn sich eine Dampfwinde vorfindet. Der Drachendraht wird von der Trommel, die ihn trägt, mit drei oder vier Schlägen — je nach der Reibung — über die eigentliche Dampfwinde geführt, und diese leistet dann die Arbeit des Aufwindens. Die Trommel, die den Drachendraht trägt, wird durch Handbetrieb nachgedreht, wozu ein Mann genügt. Da die Dampfwinden sich meistens in der Mitte des Schiffes befinden, mufs der Drachendraht durch einige Hilfsrollen, die auf einem Schiff stets vorhanden sind, nach dem Heck geführt werden, wo er über eine nach allen Azimuten drehbare Auslaufrolle das Schiff verläfst. Bei den Drachenaufstiegen, die Professor Hergesell auf der Jacht des Fürsten von Monaco eingerichtet hat, diente als Dampfwinde in obigem Sinne die Tieflotmaschine.

Um die Drachen unbeschädigt zu landen, ist einige Übung nötig, besonders weil je nach den Umständen, nach Windstärke und Umgebung, verschieden verfahren werden mufs. Es ist am besten, wenn dieses, sowie viele andre praktische Handgriffe, an einer der vorhandenen Drachenstationen durch Augenschein erlernt wird. Auf dem Meere mufs man beachten, dafs, wenn ein Drache ins Wasser fällt, während das Schiff in Fahrt ist, er in der Regel wegen des ungeheuer viel gröfseren Widerstandes des Wassers (verglichen mit dem der Luft) verloren ist.

Wie für alle andern Aufgaben, so ist es ganz besonders für den meteorologischen Drachendienst durchaus anzuraten, sich vor der Reise die nötige Übung zu verschaffen und diese nicht erst während derselben erwerben zu wollen. Andernfalls wird ein grofser Teil der Zeit und des Materials ergebnislos geopfert. Auch mufs man sich der Hilfe von mindestens zwei geeigneten Personen versichern, von denen mindestens eine bereits in diesem Dienst ausgebildet sein sollte. Die Einübung

mufs sich natürlich nicht nur auf die Drachentechnik selbst, sondern auch auf die Behandlung der Instrumente erstrecken, wenn die erhaltenen Aufzeichnungen brauchbar sein sollen. Sind aber diese Bedingungen erfüllt, so wird sich auf keinem Gebiete die Meteorologie durch Beibringung neuen Materials auf Reisen zurzeit mehr fördern lassen als auf demjenigen der meteorologischen Drachenaufstiege.

Weitere Auskünfte findet man in meinem „Bericht über die Erforschung der freien Atmosphäre mit Hilfe von Drachen", der im Jahrgang 1901 der Zeitschrift „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte" erschienen ist, ferner in den „Ergebnissen der Arbeiten am Aeronautischen Observatorium des K. Preufs. Meteorol. Instituts in d. J. 1900 und 1901" sowie in einer Reihe von Arbeiten in englischer Sprache von Hargrave, Rotch, Marvin u. a., von denen einige in der erstgenannten Schrift aufgeführt sind.

Siehe auch Nachtrag zu Band I dieses Werkes: Auflassen von Registrierballons auf Reisen.

Himmelsbeobachtungen mit freiem Auge und mit einfachen Instrumenten.

Von

Dr. Joseph Plassmann.

Allgemeiner Teil.

Die Beobachtungen, zu denen auf den folgenden Blättern die Anleitung gegeben werden soll, würden, einzeln genommen, die Ausrüstung einer wissenschaftlichen Expedition nicht rechtfertigen, weil sie jeder auch daheim anstellen kann, abgesehen freilich von solchen Phänomenen, die an bestimmte geographische Breiten geknüpft sind. Die Beobachtungen werden trotzdem in dieser wie in den früheren Auflagen des Werkes ausführlich behandelt, und zwar wegen ihrer hohen Bedeutung einerseits für den Fortschritt des Gesamtwissens, anderseits für die Person des Reisenden.

Was den ersten Punkt angeht, so handelt es sich um Phänomene, deren Gesetze wir nur durch anhaltende Beobachtung auffinden können, weil meistens die Fehlerquellen ziemlich stark fliefsen. Bedenken wir nun, wie häufig und auf wie lange Zeit im deutschen Klima der Zusammenhang der Wahrnehmungen durch das Wetter gestört zu werden pflegt, so mufs es uns drängen, die Vorteile, welche uns in günstigeren Zonen dargeboten werden, auszunützen. Auch die reine Luft über dem Meere und dem Hochgebirge, die kurze Dämmerung in niedrigen Breiten und die Länge der Winternacht in zirkumpolaren Gebieten gibt Vorteile an die Hand. Erstreckt sich die Reise über ein sehr weites Gebiet, dann kommt besonders die Beschreibung solcher Erscheinungen in Betracht, von denen man nur durch Kombination der in verschiedenen Breiten gemachten Notizen ein Gesamtbild erhalten kann, z. B.

der Milchstraſse. Allgemein aber ist der beständige Wechsel der äuſseren Bedingungen, den man mit dem Worte Luftveränderung auszudrücken pflegt, für unsere Beobachtungen nützlich, weil er dem Aufkommen gröſserer systematischer Fehler entgegenwirkt.

Die freie Zeit, die dem Reisenden doch meistens, besonders am Abend, zu Gebote steht, wird er gern zur Anstellung leichterer astronomischer und kosmophysikalischer Beobachtungen ausnutzen. Sie bereichern die Wissenschaft mit wertvollem Material, tragen auch ihrerseits zur Rechtfertigung des für die Reise gemachten Aufwandes bei und befriedigen den Beobachter selbst besonders auch dadurch, daſs sie seine Zeit nützlich ausfüllen und ihn gegen die Gefahren der Melancholie und Langeweile schützen, die der längere Aufenthalt in einsamen Gegenden oder unter ungebildeten Menschen mit sich bringt. Sie schärfen des Beobachters Sinne und befähigen ihn dann auch zu schwierigeren Arbeiten; sie liefern, wenn mehrere Reisende aufeinander angewiesen sind, ein unerschöpfliches Gesprächsthema und wirken also ihrerseits dem Alkoholismus und der Spielwut entgegen.

Die Hilfsmittel für die im vorliegenden Abschnitte zu behandelnden Beobachtungen sind sehr einfach. Zunächst handelt es sich um eine gewisse Kenntnis des Ortes der Beobachtung. Sie wird in bewohnten und seit längerer Zeit sorgfältig mappierten Gegenden immer leicht zu erhalten sein; der wünschenswerte Genauigkeitsgrad hängt von der Art des beobachteten Objektes ab. Unter der Annahme, daſs die Zeit schärfer bestimmt werden kann, ist z. B. für die meisten Beobachtungen veränderlicher Sterne der halbe oder ganze Breitengrad und eine entsprechende Gröſse in geographischer Länge als Fehler noch immer nicht zu groſs. So auch für Zählungen der mit freiem Auge sichtbaren Sterne und für Milchstraſsenzeichnungen. Da jedoch wegen der Extinktion eine angenäherte Kenntnis der Höhenlage des Beobachtungsortes anzustreben ist, wird man, wo es geht, wenigstens auf dem Festlande und auf gebirgigen Inseln, genauere Angaben verlangen müssen. Noch wichtiger sind solche für Nordlicht- und Sternschnuppenbeobachtungen, auch wohl für Zeichnungen des Zodiakallichtes, während z. B. bei Kometenschweifen nur mehr die Höhenlage und eine rohe Kenntnis der Länge und Breite in Betracht kommt. Es versteht sich, daſs sich der Beobachter überzeugen wird, ob die von ihm benutzte Karte für seinen Zweck eingehend und zuverlässig genug ist. Er wird in seinen Aufzeichnungen nicht nur angeben, ob die

Karte auf Paris, Ferro oder Greenwich bezogen ist, sondern womöglich auch die Herkunft und das Alter der Karte. Teilnehmer an geographischen Forschungsreisen im engeren Sinne sowie Seereisende werden den Ort meistens recht genau haben können, wenn nicht sofort, dann wenigstens nachträglich. Dazu wird allerdings erfordert, daſs die Zeit der Beobachtung immer möglichst genau notiert wird, wenn auch zunächst nur nach der eigenen Taschenuhr.

Den Aufgaben der Orts- und Zeitbestimmung sind andre Abschnitte dieses Werkes gewidmet. Für unsre leichten Beobachtungen kommt bezüglich der Zeit hauptsächlich der Anschluſs an anderweitige Bestimmungen in Betracht, weniger die selbständige Feststellung. In Hafenorten vergleiche man die Uhr mit dem Zeitball, in gröſseren Städten mit der Normaluhr, gegebenenfalls mit der einer Sternwarte. Öffentliche Uhren mit springenden Zeigern sind nicht immer korrekt; sehr zuverlässig sind die Drahtsignale der preuſsischen Bahnstationen. Auf See wird man recht oft die eigene Uhr mit dem zur Einhaltung des Kurses dienenden Chronometer vergleichen. Meistens kommt es, wie angedeutet, weniger auf die sofortige Kenntnis der Zeit und des Ortes als auf die Möglichkeit an, sie später zu erhalten. — Man gewöhne sich an die astronomische Stundenzählung, nach welcher der Tag mit dem mittleren Mittag beginnt. Es ist November $16^d\ 21^h = 9$ Uhr morgens am 17. nach bürgerlicher Zählung.

Die Taschenuhr, das wichtigste Instrument für unsre Beobachtungen, erfordert ein besonderes Studium, wenn ihre Angaben zuverlässig sein sollen. Es seien hier mehrere Fehlerquellen erwähnt, mit denen man sich auch bei besseren Instrumenten beschäftigen muſs. 1. Die thermische Kompensation wird meistens entweder nicht ausreichen oder zu stark arbeiten, d. h. die Uhr wird in der Kälte entweder merklich gewinnen oder merklich verlieren. 2. Die Gangdifferenz für verschiedene Lagen wird wohl meistens etwas weniger als der erwähnte Fehler ausmachen. Ist sie bedeutend, so gebe man der Uhr, wenn sie nicht getragen wird, durch Aufhängen die gewöhnliche Stellung. 3. Über die Gangdifferenz der vertikal hängenden Uhr in der Ruhelage und wenn sie getragen wird, liegen unsres Wissens nicht viele Beobachtungen vor. Unsre Leser werden das vielleicht als Anregung zum Anstellen eigener Beobachtungen betrachten. Allerdings wird das auf Reisen nicht ganz leicht sein, da man nicht immer in der Lage sein wird, sowohl vor als auch nach einem längeren Fuſsmarsche eine sehr zuverlässige Uhr zum Vergleiche heran-

zuziehen. Beim Seechronometer wird die Sekunde manchmal unsicher sein. 4. Die Taschenuhr wird in der Regel eine Aufziehkurve haben, d. h. es wird ihr Gang abhängen von der Zeit des letzten Aufzuges. Der Verfasser hat hierüber eine gröfsere Anzahl von Beobachtungen besonders an der eigenen Präzisionsuhr angestellt, denen zufolge die Reduktion der Uhrablesung auf die richtige Zeit von ihrem Mittelwerte infolge dieses Fehlers um mehrere Sekunden abweichen kann. Die Taschenuhr wurde zu diesen Beobachtungen im Eisschranke liegend aufbewahrt, so dafs die drei ersten Fehlerquellen abgedämmt waren. Die Aufziehkurve erwies sich als veränderlich. Sie dürfte bei Uhren ohne freien Ankergang erheblich mehr ausmachen als in dem beobachteten Falle: der Fehler ist besonders deshalb schlimm, weil er, wenn man täglich nur einmal und zu derselben Stunde an eine Normaluhr anschliefst, gar nicht hervortreten wird. Auf längeren Reisen wird es immer Ruhepausen geben, wo etwa die Witterung alle andern vorgenommenen Arbeiten vereitelt und uns für einen oder mehrere Tage an das Haus fesselt. Solche Tage eignen sich für Beobachtungen über die Aufziehkurve, die dann etwa in zwei- oder vierstündigen Intervallen vorzunehmen sind. Der fehlerlose Stand des verglichenen Chronometers, auch dessen etwaiger Gang kommt hier offenbar wenig in Betracht [1]). Auch auf See wird man zu solchen Beobachtungsreihen hinreichende Zeit haben. Alle die genannten Fehler machen es wünschenswert, dafs, wenn man etwa eine Stunde lang Himmelsbeobachtungen irgendwelcher Art, z. B. Lichtschätzungen bei veränderlichen Sternen, anstellen will, die Taschenuhr kurz vor Beginn und kurz nach Schlufs der Beobachtungen mit einer besser kontrollierbaren Uhr verglichen werde. 5. Wenn auch für zahlreiche Beobachtungen die Angabe der Minute schon hinreicht, sollte man doch Zehntelminuten angeben, und zwar nach dem Sekundenzeiger. Fast alle käuflichen Taschenuhren haben einen kleinen Exzentrizitätsfehler. Die Zeigerachse durchbohrt das Zifferblatt nicht genau in der Mitte, und wenn nun bei der vollen Stunde der Stand des Minutenzeigers dem des Sekundenzeigers genau entspricht, wird man in der halben Stunde mehr oder weniger grofsen Abweichungen begegnen. Hat man die Uhr in dieser Hinsicht noch nicht studiert, so kann man über die volle Minute im Zweifel sein. Man wird aber durch wenige Beobachtungen im Laufe einer Stunde leicht

[1]) Wenigstens dann, wenn das Chronometer täglich aufgezogen wird.

feststellen können, zu welchen Stellungen des Minutenzeigers die gröfsten Abweichungen vom Sekundenzeiger gehören, und dann wird es leicht sein, dem ersteren eine solche Stellung zu geben, dafs der Fehler immer klein bleibt, die Einheit der Minute also stets gesichert erscheint. Man wird dann bei Himmelsbeobachtungen erst die Sekunde, darauf die Minute ablesen. Stellen soll man im übrigen eine gute Taschenuhr möglichst selten, schon des letzterwähnten Fehlers halber; gehen ihre Abweichungen von der richtigen Zeit über die eine oder andre Minute hinaus, so möge man durch Stellung des Ruckers den Gang entsprechend ändern; es versteht sich, dafs dieses nur zu Zeiten geschehen darf, wo man in der Lage ist, den Stand anderer Uhren zu vergleichen. — Hängt eine Normaluhr sehr hoch, so beachte man, dafs besonders in den Vierteln der Stunde die Parallaxe des Minutenzeigers die Ablesung verfälschen kann.

Welche Zeit man als mafsgebend ansieht, ist an sich gleichgültig, wenn nur jeder Zweifel ausgeschlossen bleibt. Beobachtungsreihen über veränderliche Sterne z. B. werden am besten durchgehends auf eine einzige Zählung bezogen, etwa auf die mittlere Greenwicher Zeit oder in Mitteleuropa auf die um 1^h davon abweichende Stargarder Zeit. Nur wer an einem Orte ansässig ist, wird mit gröfserem Vorteil die Zeit dieses Ortes benutzen, der Reisende immer besser die Einheitszeit. Welche Zeit die zum Vergleichen benutzte Uhr angibt, ist natürlich zu beachten. Erstreckt sich die Reise durch sehr verschiedene geographische Längen, so erscheint es vorteilhaft, bei Beobachtungen eine gute Taschenuhr zu benutzen, die man einfach weitergehen läfst und möglichst oft vergleicht, für die Zwecke des täglichen Lebens dagegen eine wohlfeile Uhr, die man nach Bedarf stellen kann. *Ludwig Hoffmann* in Berlin hat eine Taschenuhr mit Doppelzifferblatt (D. R. P. 47361) in den Handel gebracht, die beiden Anforderungen genügen dürfte. Die äufsere Teilung, Weifs auf Schwarz und mit weifsen Zeigern, geht bis 24^h und soll zur Ablesung der Greenwicher Zeit dienen; die innere, Schwarz auf Weifs und mit schwarzen Zeigern, geht nur bis 12^h, dient für die Orts- oder sonstige bürgerliche Zeit und erlaubt eine selbständige Zeigerstellung, während man anderseits auch beide Zeigerpaare auf einmal stellen kann. Es versteht sich, dafs man den Sekundenzeiger in der oben erörterten Weise auf die gröfsere äufsere Teilung beziehen wird [1]).

[1]) Die Uhr, welche in Silber 220 Mark kostet und ein Glashütter Werk hat, findet sich abgebildet in des Verfassers „Himmelskunde“.

Zur selbständigen Zeitbestimmung auf Reisen eignet sich, wenn man nicht einen Theodoliten oder ein Reflexionsinstrument zur Bestimmung von Sonnenhöhen mitnehmen kann, am besten das Chronodeik von *Palisa*, wie es von *Stefan Ressel*, dem Mechaniker der Wiener Sternwarte, angefertigt wird. Es erfordert allerdings, dafs morgens und nachmittags an demselben Orte beobachtet werde, sollen nicht die Korrektionen sehr umständlich werden. Genaue Kenntnis des Ortes ist natürlich auch zu verlangen, da selbst am Äquator ein Kilometer östlich oder westlich schon mehr als zwei Sekunden bedeutet und die Rechnung auch von der Breite abhängt.

Eine laut tickende Weckuhr ist für alle Arten von Differentialbeobachtungen schätzenswert. Schon die Zeitbestimmung nach der genannten Methode wird dadurch unterstützt, da man nicht wohl gleichzeitig die Taschenuhr ablesen und die Fadenantritte beobachten kann. Die Wecker haben meistens den Takt von 0,6 Sekunden, und es ist nicht schwer, sie an eine Taschenuhr anzuschliefsen und z. B. nach Beginn eines neuen Umlaufes des Minutenzeigers eine Reihe von Schlägen der Weckuhr zu zählen. Bei der Unregelmäfsigkeit des Ganges dieser Instrumente mufs natürlich mehrfach verglichen werden. Sehr zweckmäfsig sind sie bei Sternschnuppenbeobachtungen.

Alle tragbaren Uhren sind vor plötzlichen Wärmeschwankungen zu hüten und, wenn es irgend angeht, täglich um dieselbe Zeit aufzuziehen. Nur wenn man für Beobachtungen, bei denen die Angabe der Sekunde erwünscht ist, kein andres Instrument hat als die Taschenuhr, empfiehlt es sich, sie kurz vor der ersten Vergleichung mit der Normaluhr aufzuziehen und dann die Beobachtungsreihe zu beginnen, weil erfahrungsgemäfs in den ersten Stunden nach dem Aufzuge die Uhr am regelmäfsigsten geht.

Neben der Uhr kommt als zweites Hauptinstrument ein kleines Fernrohr in Betracht. Es macht weit geringere Ansprüche an den Geldbeutel als die Uhr. Zahlreiche veränderliche Sterne lassen sich mit einem kleinen Feldstecher vom Typus des Galileischen Fernrohres beobachten, einem Instrumente, das für 10 bis 15 Mark zu haben ist. Erfordert wird eine kräftige Linse von etwa 40—50 mm Durchmesser. Das Instrument sollte mindestens so gut sein, dafs bei ziemlich klarer Luft die Sterne ε_1 und ε_2 *Lyrae* sicher getrennt erscheinen; denn diese Trennung wird bei sehr guter Luft von ausgezeichnet scharfen Augen ohne Instrument vollzogen. Werden uns mehrere Instrumente zur Auswahl vorgelegt, so

haben wir am Vollmonde und an den Plejaden geeignete Probeobjekte. Die grofsen schwarzen Mondebenen *Mare foecunditatis*, *M. nectaris* und *M. Crisium* müssen jedenfalls scharf umgrenzt erscheinen, und in den Plejaden mufs Celäno gut sichtbar sein.

Zweiläufige Instrumente gestatten ein ruhigeres Beobachten als einläufige; allerdings hat, namentlich bei den veränderlichen Sternen, das einläufige Glas andre Vorzüge. Wessen Augen sehr voneinander verschieden sind, darf jedenfalls nur ein solches Binokel auswählen, dessen zwei Teile besonders regulierbar sind. Das wird vorzugsweise bei der besseren Ware der Fall sein. — Die Vergröfserung des ein- oder zweiläufigen Glases kann für die helleren veränderlichen Sterne ziemlich klein sein; die Lichtverstärkung ist die Hauptsache. Immerhin ist mindestens dreifache Vergröfserung zu wünschen, besonders weil dann die Sterne etwas weiter getrennt erscheinen, wodurch bei Lichtschätzungen gewisse Fehler vermieden werden. Die Vergröfserung läfst sich leicht ermitteln, wenn man eine Ziegelmauer mit einem unbewaffneten und einem bewaffneten Auge gleichzeitig betrachtet.

Viel mehr als mit dem Galileischen Fernrohr sieht man bekanntlich mit dem Keplerschen, das auch weit stärkere Vergröfserungen gestattet. Für manche Zwecke ist gewifs ein kleines tragbares Fernrohr dieser Art erwünscht. Man gewinnt bald die Fertigkeit, es mit der einen Hand zu halten und an einen Baum oder Fensterrahmen zu drücken, mit der andern das Okularende zu leiten. Die Umkehrung der Bilder wirkt nur anfangs störend. Sie wird bekanntlich beim Rheitaschen terrestrischen Okular durch Einschaltung zweier Linsen aufgehoben. Die grofse Länge aber, die das Rohr hierdurch erhält, macht es gerade für den Gebrauch am Himmel wenig geeignet, ganz abgesehen von dem bedeutenden Lichtverluste. Für alle terrestrischen Zwecke und auch für viele astronomischen sehr geeignet sind die neuerdings vielfach angefertigten Prismen-Fernrohre (Triëder-Binokel, Pentaprismen usw.) mit ihrer Ersetzung des umkehrenden Linsensystems durch Prismen, die eine starke Verkürzung des Rohres gestatten. Die Vergröfserung geht bis 12, was für die hellsten veränderlichen Sterne schon etwas zu viel ist; doch kann man sich daran gewöhnen. Diese Instrumente haben vermöge ihres Baues eine mehr oder weniger grofse Reliefwirkung, die übrigens, wenn man z. B. tiefstehende Sterne über Gebäude hinweg beobachten mufs, auch störend wirken kann. Sie gestatten die Erkennung einer Menge von Einzel-

heiten auf dem Monde und sind also für die Unterhaltung des Reisenden immerhin geeignet, wie sie denn auch z. B. in den Plejaden und andern gröfseren Sternhaufen viel mehr als die gewöhnlichen Operngläser zeigen. Neben dem hohen Preise dieser schönen Instrumente wird manchen freilich auch die Erwägung abschrecken, dafs sie im Beschädigungsfalle langwierige Reparaturen erfordern, die auf Reisen manchmal überhaupt unmöglich sind. Einen einfachen Feldstecher dagegen, der z. B. durch einen Fall verbogen ist, kann man noch weiter benutzen oder notdürftig wieder zurechtmachen; ja selbst eine kleine Verletzung des Objektivs entwertet ein solches Fernrohr nicht sofort. Es sei hierbei bemerkt, dafs das Okular im allgemeinen noch sorgfältiger als das Objektiv vor äufseren Angriffen zu hüten ist. Zum Putzen nimmt man besser weifses Leder (z. B. die Innenseite eines abgelegten Handschuhs) als Leinen oder Baumwolle. Dabei ist aber vorausgesetzt, dafs das Leder staubrein ist. Kann das nicht verbürgt werden, so ist ein gebügeltes Taschentuch jedenfalls geeigneter. Auch Bürstchen oder Pinsel sind mit Sorgfalt reinzuhalten.

Für Beobachtungen, wie sie in diesem Abschnitt behandelt werden, kommen aufser den Handfernrohren höchstens noch kleine geradsichtige Spektroskope in Betracht, wie sie z. B. *Schmidt & Hänsch* in Berlin liefern. Doch beschränkt sich ihre astronomische Anwendung eigentlich auf die hellen Meteore und hier wieder auf die Nächte, wo viele von diesen zu erwarten sind.

Eine gründliche Kenntnis des gestirnten Himmels ist das allerwichtigste Hilfsmittel zu allen Beobachtungen. Vermittelt wird sie uns durch Globen, Einzelkarten, Atlanten und Sternverzeichnisse.

Der Globus erheischt eine zu umständliche Verpackung, als dafs er für Reisen zu empfehlen wäre. Wohl aber wird derjenige, welcher sich einige Wochen auf eine gröfsere Reise vorbereiten kann und noch nicht über ein gesichertes elementarastronomisches Wissen verfügt, neben einem guten Leitfaden der mathematischen Geographie [1]) besonders den Globus studieren

---

[1]) Empfehlenswert: *S. Günther*, Math. Geographie. München, Ackermann; *Epstein*, Geonomie. Wien, Carl Gerolds Sohn; *Hoffmann*, Math. Geographie, vom Verfasser dieser Zeilen neubearbeitet. Paderborn, F. Schöningh. Alle drei Bücher setzen etwa das mathematische Wissen des Obersekundaners oder Primaners voraus. Auf die eigentliche populär-astronomische Literatur soll hier nicht eingegangen werden.

müssen. Als wohlfeil (1,50 Mark, einschliefslich Textbogen, aber ausschliefslich Verpackung, deren Preis, wenn auf viele Exemplare verteilt, mäfsiger wird) empfiehlt sich der *Rohrbach*sche Globus (Verlag von Dietrich Reimer in Berlin). Die Sterngruppen erscheinen auf dem Globus bekanntlich im Spiegelbilde; man lernt sie deshalb schneller nach einer drehbaren Sternkarte kennen. Die kleinsten Karten dieser Art (bis zu 50 Pf. herab) sind gar zu dürftig, die gröfsten aus demselben Grunde wie die Globen nur für den Hausgebrauch zu empfehlen; die allbekannte mittelgrofse Karte (Weifs auf Schwarz, 1,25 Mark) ist noch leidlich gut zu verpacken. Man bemerke aber, dafs diese Karten auf eine bestimmte geographische Breite (50°) zugeschnitten sind, wenigstens der Horizontalring; auf Reisen, die uns merklich über das mitteleuropäische Gebiet hinausführen, verlieren sie ihren Wert.

Jedenfalls können Globus und drehbare Karte nur eine ganz allgemeine Übersicht vermitteln, also zur ersten Einführung und zur eiligen Orientierung dienen. Darum ist ein Atlas vonnöten, der in wenigstens relativer Vollständigkeit die dem freien Auge sichtbaren Sterne angibt und eine sichere Identifizierung jedes einzelnen ermöglicht. Die Fortschritte der Technik haben uns in den letzten Jahren mit sehr handlichen Werken dieser Art versehen. Geht eine Reise nach Süden nicht erheblich über den 48. Parallel hinaus, so ist *Messer*, Sternatlas für Himmelsbeobachtungen weitaus das empfehlenswerteste. Das Format, Oktav [1]), mit aufgefalzten Karten und sehr ausführlichem beigebundenen Texte, ist für Gebrauch und Verpackung bequem. Aufser 26 Einzelkarten, bei denen die Aufgabe, die einzelnen Sternbilder möglichst unzerschnitten darzubieten, recht geschickte Lösung gefunden hat, enthält das Werk ein grofses Übersichtsblatt, das separat auch als drehbare Karte verkauft wird. Die Projektion der Einzelkarten verzerrt nur wenig, und die Zeichen für die konstanten und variabeln Sterne sind anschaulich abgestuft. Auch die von *Bayer* u. a. eingeführten griechischen und lateinischen Buchstaben sind angegeben. Man gewöhne sich daran, diese ausschliefslich zu gebrauchen, die arabischen Namen aber mit Ausnahme von Algol grundsätzlich zu verwerfen, weil sie zahlreiche Verwechslungen verursachen und man sich wenig bei ihnen denken kann. Andre Einzelnamen, besonders Sirius, Procyon, Capella, Antares können beibehalten werden. Neben *Messers* Atlas (Verlag von Carl Ricker in Leipzig und Peters-

[1]) Oktav zu verlangen, weil auch eine Quartausgabe verkauft wird.

burg; Preis 10 Mark gebunden) kommen besonders für Reisen, die weiter nach Süden gehen, die *Tabulae caelestes* von *Schurig* (Leipzig, *Ed. Gaebler*; 3 Mark gebunden) in Betracht. Es ist unsres Wissens in Deutschland der einzige wohlfeile Atlas des ganzen gestirnten Himmels, abgesehen von den unten zu besprechenden *Rohrbach*schen Karten. Die *Tabulae* sind denn auch bei Seeleuten zur Identifizierung hellerer Sterne sehr beliebt; die Einzelkarten können in der Aufnahme schwächerer Sterne natürlich nicht so weit gehen wie *Messer*, der nur den im nördlichen Mitteleuropa sichtbaren Himmel berücksichtigte. Dieselbe Einschränkung hat sich *Heis* in seinem *Atlas coelestis novus* (Cöln, Du Mont Schauberg, 1872; gebunden 24 Mark, einschliefslich Sternverzeichnis) auferlegt; er geht nur ein paar Grade weiter als *Messer*. Ergänzt wird das Werk durch den in demselben Format (Querfolio, Leipzig 1874, 10 Mark) erschienenen Atlas des südlichen gestirnten Himmels von *Behrmann*. — *Houzeau*, *Uranométrie générale* (Mons in Belgien; etwa 5 Mark) umfafst auf fünf Karten wieder den ganzen Himmel. Die Projektion verzerrt etwas stark, und das Hochfolioformat macht ihn weniger bequem als die Atlanten von *Messer* und *Schurig* sind. Schon etwas alt ist *Argelander*, Neue Uranometrie (Verlag von Schropp & Co. in Berlin). Doch versäume man nicht, dieses klassische Werk, das zuweilen antiquarisch angeboten wird, zu erstehen.

Bei zahlreichen Beobachtungen mufs man in Karten einzeichnen. Es gibt hierfür ältere, wiederum ab und zu antiquarisch erhältliche Kartensammlungen; so die „5 Sternkarten zum Einzeichnen der Sternschnuppen der November-Periode“ von *E. Heis* (Cöln, Du-Mont Schauberg; Preis etwa 80 Pf.), sowie desselben Verfassers *Atlas coelestis eclipticus ad delineandum lumen zodiacale* (Münster, Aschendorff, etwa 6 Mark). Aber diese Karten dienen zu speziellen Zwecken, und sie sind seit einem Jahrzehnt durch die *Rohrbach*schen *V. A. P.*-Karten ersetzt, die allen Anforderungen an Wohlfeilheit und Brauchbarkeit entsprechen.

Hier ist Gelegenheit, auf die *V. A. P.* — Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik — die Benutzer der Anleitung angelegentlichst hinzuweisen. Gegründet im Jahre 1891, steht die *V. A. P.* seit einer Reihe von Jahren unter der Leitung des Geh. Regierungsrats Professor Dr. W. Foerster (in Berlin-Westend, Ahornallee 40). Die *V. A. P.* sucht die leichteren astronomischen Arbeiten im deutschen Sprachgebiet planmäfsig zu organisieren; sie bietet

ihren Mitgliedern aufser einer Gratiszeitschrift[1]) den wohlfeileren Bezug einer Reihe von Arbeitsmitteln, z. B. der *Rohrbach*schen Karten. Es können Private und Korporationen (Behörden, Vereine, Schulen) der *V. A. P.* beitreten.

Das Gradnetz der *Rohrbach*schen Karten ist in der Weise entstanden, dafs um die Sphäre ein regelmäfsiges Dodekaeder beschrieben wurde; auf die 12 Grenzflächen dieses Körpers wurden die Sterne aus dem Mittelpunkte projiziert. Der zentrische (gnomonische) Entwurf läfst alle Hauptkreise der Kugel in der Zeichenebene als gerade Linien erscheinen, was ihn für Einzeichnungen besonders wertvoll macht. Die Karten haben kreisförmigen Umrifs, enthalten die Sterne bis zur 4. Gröfse und sind ohne Gradnetz gezeichnet, das nur am Rande angedeutet ist; sie enthalten auch weder die Namen der einzelnen Sterne und Sternbilder noch die Grenzen dieser; nur bei wenigen helleren Sternen ist die Identität in kürzester Form angedeutet. Der lichte Durchmesser der einzelnen Karte beträgt 20 *cm*. Verkauft wird die Sammlung in zwei Formen: entweder als Atlas von 12 verschiedenen Blättern, mit quadratischem Rande von 26,5 *cm* Länge, oder als Block von 12 gleichen Blättern, diese mit kreisförmigem Rande von 22,5 *cm* Durchmesser. In der zweiten Form sind sie besonders wertvoll für Beobachtung von Sternschnuppen der August- und Novemberperiode, da jede gerade Linie, die das Auge des Zeichners beeinflussen könnte, fehlt. — Das Gradnetz ist, wie gesagt, nur auf dem Umfange angedeutet. Sollen die Karten als Grundlage für Zahlenablesungen dienen, so bedarf man der zwei durchsichtigen Netze, die von Herrn Direktor *Dr. Rohrbach* in Gotha zu beziehen sind. Es werden aber gerade für den Gebrauch des Reisenden diese Netze weniger wichtig sein; bei ihrer Zerbrechlichkeit und Kostspieligkeit gehören sie in das Studierzimmer, sie sind für keine Beobachtung nötig oder erwünscht. Was aber die Karten angeht, so sollte jeder, der auf eine wissenschaftliche Reise geht, von ihnen einen gewissen Vorrat besitzen, den er neben einem andern Atlas (*Schurig* oder *Messer*) mitnimmt. — Von der Atlasform genügen ein oder zwei Exemplare zur Übersicht; von der Blockform im allgemeinen je eins für die überhaupt sichtbaren Gebiete. Für Reisen in Mitteleuropa fallen z. B. die drei südlichsten

[1]) Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik. Berlin, F. Dümmlers Kommissionsverlag. Die Zeitschrift wird gratis geliefert für den Mitgliedsbeitrag, der in den ersten fünf Jahren 6 Mark, später 5 Mark jährlich beträgt, auch durch eine einmalige Leistung von 60 Mark abgelöst werden kann.

Karten (*Argo, Norma, Phoenix*) weg, für Reisen in Südafrika oder dem gemäfsigten Südamerika die drei nördlichsten (*Cygnus, Cepheus, Ursa major*). Da die Karten sehr wohlfeil (ein Atlas oder Block im Buchhandel 1 Mark, für Mitglieder der *V. A. P.* jedoch nur etwa Mk. 0.30) und leicht verpackbar sind, sollte man eher zu reichlich als zu wenig davon mitnehmen, um so mehr als man durch gelegentlich verschenkte Exemplare der Wissenschaft neue Freunde gewinnen und die richtige Aufzeichnung bedeutender Naturerscheinungen sichern kann.

Der gleichförmige Anblick des gestirnten Himmels in den verschiedensten Jahren wird bekanntlich durch Mond und Planeten erheblich geändert. Ephemeriden, die den Stand dieser Himmelskörper für längere Zeit vorausberechnet angeben, sind darum auch erwünscht. Auf See wird man den *Nautical Almanac*, wegen seiner Reichhaltigkeit das wichtigste Hilfsmittel dieser Art, wohl gewöhnlich leihweise haben, mindestens einsehen können. Bei seiner Wohlfeilheit wird er sich auch zur privaten Anschaffung empfehlen; allerdings nimmt der starke Grofsoktavband von 6—700 Seiten vielen Raum weg, was sich besonders als störend erweist, wenn dieselbe Reise in zwei Kalenderjahre fällt. Der *Nautical Almanac* erscheint immer drei Jahre im voraus und kann über Edinburg oder London bezogen werden (Preis 2 *sh* 6 *d* englisch; in Deutschland einschliefslich Nebenkosten rund 3 Mark). Das viel kostspieligere Berliner Astronomische Jahrbuch kommt weniger für unsre Beobachtungen als z. B. für Zeitbestimmungen sowie für die kleinen Planeten in Betracht, die im ganzen kein Beobachtungsobjekt für den Reisenden sind. Handlicher, wennschon weniger reichlich, ist das von der Kaiserlichen Admiralität herausgegebene Nautische Jahrbuch, das sich, gleich dem *Nautical Almanac*, dem Meridian von Greenwich anschliefst. Diese Wahl bedeutet insofern einen grofsen Vorteil, als das Verbreitungsgebiet der in einfacher Weise auf den englischen Normalmeridian bezogenen Einheitszeiten bereits recht grofs ist und wohl noch anwachsen wird. Scheut man nicht etwas umständlichere Rechnungen, z. B. für die Mondörter, so kann als sehr handliche Ephemeride der von der k. k. Sternwarte in Wien herausgegebene Astronomische Kalender gelten, der den Wiener Meridian zugrunde legt. (Etwa 150 Seiten, kl.-8°, einschliefslich Notizpapier. Wien, Carl Gerolds Sohn. 2.40 Mark gebunden). Allerdings erscheint er unsres Wissens ziemlich spät. — Die in sonstigen Jahrbüchern und Zeitschriften gegebenen Ephemeriden kann weniger der Reisende als der Stubengelehrte benutzen.

Hat man einen Atlas wie *Heis* oder *Messer*, so ist das Mitnehmen eines Sternverzeichnisses strenggenommen nicht nötig, da man z. B. die für einen hellen veränderlichen Stern ausgewählten Vergleichsterne, wenn sie nicht schon auf der Karte durch lateinische oder griechische Buchstaben bezeichnet sind, leicht mit willkürlichen Benennungen (x, y, z . . .) im Atlas versehen kann. Doch hat das Mitnehmen eines Kataloges manches für sich. Der obenerwähnte von *Heis* hat den Vorzug der Reichhaltigkeit. Ein vorzügliches neueres Verzeichnis ist unter dem Titel *A Catalogue of 1520 bright stars* als Nr. 4 des 48. Bandes der Harvard-Annalen erschienen, und es wird im Vorwort ausdrücklich bemerkt, dafs es im Interesse weitester Verbreitung in sehr starker Auflage hergestellt sei. (Zu beziehen durch *E. C. Pickering, Director of Harvard College Observatory, Cambridge, Mass.)* Vermutlich wird auch *A provisional Catalogue of Variable Stars* (Bd. 48, Nr. 3 derselben Sammlung) von derselben Stelle noch bezogen werden können. Beide Kataloge sind dünne Hefte in Grofsquart.

Vergleicht man ein Sternverzeichnis mit einem Atlas, so werden die Sternörter häufig wegen der Präzession nicht stimmen. Es ist dies die langsame Wanderung des Gradnetzes unter den Sternen, die von der konischen Bewegung der durch Sonne und Mond gestörten Erdachse herrührt. Die Verschiebung eines Sternortes im gröfsten Kreise kann in siebzig Jahren einen Grad betragen, ist also, wenn man z. B. neben den zuletztgenannten amerikanischen Sternverzeichnissen die auf 1855 bezogenen Atlanten von *Argelander* oder *Heis* benutzt, nicht unmerklich. Da sie jedoch die gegenseitige Stellung der Fixsterne, also den Anblick der Sternbilder, nicht ändert, wird sie kaum als lästig empfunden werden; um schnell und zweifellos z. B. einen bei *Heis* stehenden Stern auf ein neueres Verzeichnis beziehen zu können, kann man sich der Umrechnungstabellen bedienen, die in jeder besseren populären Astronomie stehen und leicht für den betreffenden Fall umgestaltet werden können. Jedenfalls gebe man, wenn eine Sternposition nach einer Karte abgelesen wird, immer genau das sogen. Äquinoktium der Karte[1]) an, also das Jahr, auf welches ihr Gradnetz bezogen ist. Ferner ist zu beachten, dafs das Sternverzeichnis und die Atlanten für die Helligkeit der noch aufzunehmenden Sterne verschiedene Grenzen ziehen;

---

[1]) Im Zweifelsfalle Verfasser, Verleger und Erscheinungsjahr des Atlas.

z. B. *Heis* die Gröfse $6^1/_2$ im Atlas und Katalog, *Messer* im Atlas 6; die „1520 *bright stars*“ gehen nur bis zur 5. Gröfse herab, die aber für zahlreiche Reisebeobachtungen mehr als ausreichend ist.

Da astronomische Beobachtungen im Freien anzustellen sind, hat der Beobachter, zumal in kalten Ländern, aber auch in den Tropen und überall im Gebirge, für schützende Kleidung zu sorgen. Hygienische Fragen haben wir hier nicht zu erörtern. Aus eigener Erfahrung sei aber angeführt, dafs ein schwerer Winterüberzieher bei Beobachtungen mit kleinen Fernrohren, z. B. bei Lichtschätzungen veränderlicher Sterne, ziemlich unbequem ist. Besser ist ein aus leichterem Stoffe gemachter Havelock (Kaisermantel) mit Kragen, der noch einen besonderen Vorteil bietet. Indem man den Kragen (die Pelerine) über den Kopf schlägt, kann man störendes Licht fernhalten, was auf der Reise, wo man eben von äufseren Verhältnissen abhängt, sonst nicht immer zu machen ist. Eine gestrickte wollene Mütze, womöglich mit einem unteren Teil, der bei strenger Kälte über den Nacken gestreift werden kann, ist eine sehr geeignete Kopfbekleidung; hinderlich ist dagegen ein Hut, besonders aus steifem Material. Wollene Handschuhe, die einerseits gut wärmen, anderseits das Schreiben nicht zu sehr erschweren, gehören im Winter zur notwendigen Ausrüstung, da das Halten eines, wenn auch kleinen Instrumentes die Finger rasch erstarren läfst und z. B. Beobachtungen der helleren veränderlichen Sterne auch dann, wenn kein Minimum eines Sternes vom Algol-Typus eintritt, leicht eine Stunde in Anspruch nehmen können. Es ist praktisch, zwei Paar Handschuhe zu haben und das unbenutzte nach Möglichkeit in einem Zimmer wärmen zu lassen oder in der Tasche selbst zu wärmen. Gefütterte Stulpen, wie sie für Jäger in den Handel gebracht werden, sind gleichfalls zu empfehlen (Stauchen, Pulswärmer). Gegen kalte Füfse hat man wohl grofse Filzschuhe, in die man mit den Stiefeln treten kann; auf Reisen wird man solche aber nicht mitnehmen wollen, vielmehr lieber mit der Fufsbekleidung ähnlich wie mit den Handschuhen viertelstündlich wechseln.

Da man im allgemeinen nur im Dunkeln beobachten, anderseits aber jede Beobachtung möglichst bald aufzeichnen soll, liegt ein gewisser Pflichtenstreit vor, in welchem der einzelne Beobachter je nach der Güte seiner Augen und seines Gedächtnisses sowie nach den äufseren Umständen Stellung zu nehmen hat. Bei treuem Gedächtnisse kann man z. B. zwei veränderliche Sterne nacheinander beobachten und dann erst zur Aufzeichnung

schreiten. Man hat dann den Vorteil, nicht zu oft zwischen Licht und Dunkelheit wechseln zu müssen. Bedenklich ist das Verfahren aber doch zuweilen; denn das Gedächtnis kann trügen, und man verwechselt im Zustande der Übermüdung Buchstaben und Zahlen. Ferner wird das, was sofort nach der Beobachtung aufgeschrieben ist, weit sicherer vom Beobachter vergessen, als wenn er es auch nur eine Minute lang im Kopfe hat behalten müssen. Und das Vergessen des Wahrgenommenen ist eine wichtige Kunst, wenn man objektiv weiterbeobachten will.

Die Fertigkeit, im Dunkeln zu schreiben, nötigenfalls mit Hilfe eines Rahmens mit parallelen Leisten, hinter denen das Papier liegt, ist aus verschiedenen Gründen dem Berufsastronomen zu überlassen. Der Reisende wird ein schwaches, die Augen nicht für weitere Beobachtungen verderbendes Licht vorziehen. Häufig kann man hierzu das des Mondes oder der Dämmerung benutzen. In dunkeln Nächten wird man, wo es angeht, im Garten beobachten und im Hause aufzeichnen oder auch an einer Stelle des Gartens, wohin der Schein einer Hauslampe dringt; die nötige Bewegung läfst manchmal die Kälte besser ertragen. Ein Blendlaternchen zum Mitnehmen ist sehr praktisch; findet man die übliche Mischung von Petroleum und pflanzlichem Öl noch zu schwachbrennend, so kann man sie durch Einwerfen von Kampfer verbessern. Die elektrische Industrie hat neuerdings zahlreiche, mehr oder weniger bequeme Handlämpchen hervorgebracht, die für kurzdauernde Beleuchtung etwa des Kellers oder Speichers recht geeignet sind, weniger jedoch für Reisebeobachtungen, weil man nicht mit der gehörigen Ruhe aufzeichnet, wenn man ein Nachlassen der Lichtstärke befürchten mufs. Auch das Mitnehmen von mehreren Trockenelementen ist lästig; Akkumulatoren kann man nicht überall laden. Radfahrer werden in sicherer Gegend leicht einen Ort erreichen, wo sie, weder durch Zuschauer noch durch fremde Lichtquellen gestört, ihre Beobachtungen anstellen und bei der eigenen Lampe aufschreiben können. Auch an Bord wird man leicht ein Plätzchen finden, wo man hinreichendes Licht hat, desgleichen auf Eisenbahnfahrten, auf denen man überhaupt, wenigstens wenn man allein ist, gut beobachten kann.

Die Bücher und Karten, die wir zur Aufzeichnung unserer Beobachtungen benutzen, sind als Wertpapiere zu bezeichnen und zu behandeln. Man versehe jedes Stück mit Namen und vollständiger Adresse, am besten mit Hilfe eines Stempels, der an mehreren Stellen des Buches angebracht

wird. Sehr geeignet sind die kleinen Kontobücher der Kaufleute, da sie senkrecht und wagerecht liniiert sind. Gewöhnlich kann man die ersten Spalten für die rohe und die verbesserte Zeitangabe, die letzten für die Angabe der Himmelsansicht, den breiteren Mittelraum für die Beobachtung selbst brauchen. Es ist wünschenswert, dafs die hierüber getroffene Verfügung in jedem Büchlein zu finden ist, auch soll jedes angeben, auf welche Uhr die angeschriebenen und auf welche Zeit die umgerechneten Zahlen zu beziehen sind. Man vermeide willkürliche, nur dem Aufzeichnenden selbst verständliche Abkürzungen; hat man praktische erfunden, so gebe man ihren Sinn auf dem ersten Blatte an. Von den Ortsangaben gilt ähnliches wie von den Zeitangaben. Ein dickes Anschreibebuch ist leichter mitzuführen als mehrere kleine; der Verlust eines solchen wiegt aber auch schwerer als der eines kleinen. Gut gebundene Bücher von 50, höchstens 100 Blättern sind wohl die besten. Ist ein solches gefüllt, so wird man gut tun, es vor einer gefährlicheren Teilreise mit sicherer Gelegenheit zur Heimat oder an eine sonstige zuverlässige Stelle zu senden. Hält man eine Abschrift für nötig, so setze man diese den Gefahren der Reise aus, nicht das Original. Der Bleistift ist aus verschiedenen Gründen dem Tintenstifte bei der ersten Aufzeichnung vorzuziehen; man führe immer mindestens zwei Bleistifte bei sich, weil es beim Abbrechen oder Verlorengehen fatal ist, vielleicht stundenlang eine Beobachtung im Gedächtnisse halten zu müssen. Zur sofortigen Herstellung eines Duplikates können die bekannten Hilfsmittel (Ölpapier, Kohlenpapier) empfohlen werden; doch vergleiche man bald nach der Beobachtung die direkte Niederschrift mit der indirekten, um zufällige Abweichungen festzustellen. Jede Eintragung soll man gleich nachher mit der Erinnerung prüfend vergleichen, um sich gegen Schreibfehler und andre Flüchtigkeiten zu sichern. Dagegen sind spätere Änderungen des einmal Niedergeschriebenen als Urkundenfälschungen anzusehen, erst recht, wenn sie auf Grund von Rechnungen oder Unterredungen mit andern Beobachtern erfolgt sind. Je gewissenhafter wir beobachten und eintragen, desto ruhiger können wir später von der Feststellung Kenntnis nehmen, dafs die Aufzeichnungen anderer von den unsrigen abweichen. Die Anordnung der Beobachtungen können und sollen wir mit Gleichgesinnten überlegen; was wir notiert haben, sollen wir nicht nur vor jenen, sondern auch vor uns selber geheim halten, d. h. wir sollen nur dann die älteren Beobachtungen nachsehen, wenn wir sie zusammenstellen oder berechnen wollen.

In einzelnen Fällen ist zu wünschen, dafs eine wichtige Entdeckung möglichst bald bekannt gemacht werde; bei Reisebeobachtungen wird es sich meistens entweder um Kometen oder um neue Sterne handeln. Die Zentrale für astronomische Drahtberichte hat ihren Sitz in Kiel; es besteht ein vollständiges System für chiffrierte Telegramme aus den verschiedenen Gebieten der Astronomie. Die Adresse lautet: „Astronom, Zentralstelle, Kiel". Wer sich in Grofsbritannien oder den Vereinigten Staaten von Amerika befindet, wird, wenn er die höheren Kosten scheut, das Telegramm auch an die Sternwarte zu Greenwich oder die zu Cambridge (Mass.) richten können. Es versteht sich, dafs die Telegramme zu unterzeichnen sind. In welchen Fällen die angegebene Form der Benachrichtigung zu wählen ist, wird im speziellen Teile angegeben werden. Gleichzeitig mit einem Telegramm sende man eine ausführlichere briefliche Nachricht.

Die persönliche Disposition des Beobachters hat auf alle Wahrnehmungen grofsen Einflufs. Sind die Wetteraussichten schlecht, so kann es vorkommen, dafs man mit der Möglichkeit des Beobachtens nicht rechnet, andere Arbeiten vornimmt, nachher der geselligen Erholung pflegt und zuletzt, im Begriff, sich zur Ruhe zu begeben, durch plötzliche Aufheiterung des Himmels überrascht wird. Soll man in diesem Falle noch beobachten? Das hängt ja in der Hauptsache von der Macht des Willens über den Körper ab. Mindestens soll man sich einen allgemeinen Überblick über den ganzen Himmel nicht verdriefsen lassen, da Überraschungen, wie etwa durch neue Sterne, niemals ausgeschlossen sind; schon die Feststellung, dafs einem guten Kenner des gestirnten Himmels zu einer bestimmten Zeit nichts Aufsergewöhnliches aufgefallen ist, kann hohen Wert haben. Im übrigen werden alle Beobachtungen, bei denen es auf das Erfassen feiner Intensitätsunterschiede ankommt, wie Zeichnungen des Zodiakallichts oder gar der Milchstrafse, Lichtschätzungen an veränderlichen Sternen, durch die Ermüdung des Beobachters minderwertiger, und die Gewissenhaftigkeit erfordert die ausdrückliche Angabe dieses Umstandes. Ist man bereits durch geistige Anstrengung ermüdet, dann setzen schon sehr mäfsige Gaben alkoholischer Getränke die Rezeptivität herab. Übrigens wird der Gedanke, ein merkwürdiges, vielleicht nicht bald wiederkehrendes Phänomen, etwa ein Polarlicht, beobachtend und zeichnend verfolgen zu dürfen, auf den Freund der Wissenschaft, auch wenn er sehr ermüdet sein sollte, als gutes *Excitans* wirken.

Auch auf Reisen gibt es Tage, an denen man sich die

Stunden der Ruhe einigermafsen auswählen kann. Aufserhalb der tropischen und subtropischen Gebiete wird man im Winter ziemlich viel Morgenbeobachtungen erhalten können, ohne allzufrüh aufstehen zu müssen. Im Sommer gewährt ein ausgiebiger Mittagsschlaf die Möglichkeit, auch bei recht spätem Dunkelwerden noch frisch zum Beobachten zu sein. In heifseren Ländern führen schon die sonstigen Verhältnisse zum Tagesschlafe.

Von den Erscheinungsreihen, die der Verfolgung mit freiem Auge oder einfachsten Werkzeugen zugänglich sind, werden wir nunmehr zunächst die der meteorologischen Optik angehörenden betrachten, soweit diese in engerer Beziehung zur Astronomie stehen; dann unter demselben Gesichtspunkte die Polarlichter. Von der Erde uns weiter in den Raum hinauswagend, haben wir einzelnes am Monde und an den Planeten zu beobachten und im Tierkreislichte ein gleichfalls dem Sonnensystem angehöriges Objekt zu betrachten. Auch Meteore und Feuerkugeln gehören der Planetenwelt an. Zuletzt wird dann von der scheinbar so ruhigen und doch in der Tat so wechselvollen Welt der Fixsterne zu reden sein.

Besonderer Teil.

Die gewöhnliche Angabe, dafs sich der Himmel über uns als eine Halbkugel zu wölben scheint, gilt nicht im strengen Sinne. Unsere Instrumente mit Aufsuchungskreisen können wir allerdings, wenn von der Strahlenbrechung abgesehen wird, unter der Annahme, dafs die Sterne an einer durch die Horizontalebene halbierten Hohlkugel befestigt seien, die sich in Wirklichkeit oder scheinbar um uns drehe, vollkommen richtig den Gestirnen folgen lassen. Dem freien Auge erscheint jedoch das Himmelsgewölbe nur als ziemlich kleine Kugelhaube und die Linie zum Zenit viel kürzer als irgendein vom Auge zum Gesichtskreise gezogener Strahl. Diese Urteilstäuschung, über welche in den letzten Jahrzehnten besonders Professor *E. Reimann* in Hirschberg wertvolle Untersuchungen angestellt hat, scheint bei Tage stärker als bei Nacht aufzutreten, und bei weifsem Himmel (*Cirrostratus* und ähnlichen Wolkenformen) deutlicher als bei blauem. Über die Gröfse des Fehlens sollten noch viel mehr Beobachtungsreihen, womöglich aus den verschiedensten Gegenden, eingeliefert werden, als bisher vorliegen. Allerdings wird man bei Tage hierzu eines besonderen kleinen Instrumentes bedürfen, während man zur Nachtzeit in einfacher Weise die Sterne benutzen kann. Das Instrument ist ein in ganze Grade geteilter Quadrant;

will man ihn nicht aus Metall anfertigen lassen, so kann man etwa einen für ein paar Groschen käuflichen Winkeltransporteur auf geeignetes Holz kleben und die Füllung mit der Laubsäge ausschneiden; Holz ist allerdings hygroskopisch und darum besonders in trockenen Ländern unzuverlässig. Ein kleines Lot dient zum richtigen Halten, zwei Ösen aus Draht mit Fadenkreuzen aus Zwirn, die eine am Mittelpunkte drehbar und die andere am Umfange verschiebbar, lassen die Höhe eines Punktes am Himmelsgewölbe erkennen. Wie man sieht, besitzt ein solches Instrument auch einen gewissen Wert zur ganz rohen Zeitbestimmung, besonders in niederen Breiten. Wer aus andern Gründen mit einem Theodoliten arbeiten mufs, wird natürlich diesen auch hier benutzen. Man visiert nun bei Tage mit freiem Auge einen Punkt an, der gerade auf halbem Wege zwischen Zenit und Horizont zu liegen scheint. Die Höhe dieses Punktes über dem Horizonte, also der Winkel, den die Gesichtslinie mit der wagerechten Ebene bildet, würde bei Abwesenheit der erwähnten Täuschung genau 45° betragen; tatsächlich ist er nur ungefähr halb so grofs, und sein Betrag läfst sich eben durch Messung mit dem Quadranten mit Schätzung der Zehntelgrade feststellen. Zuweilen ist es möglich, ein langsam bewegtes Wölkchen in dem Zeitpunkte, wo es sich in der angegebenen Höhe zu befinden scheint, anzuvisieren; hierfür könnten sich zwei Beobachter vereinigen, von denen der eine im gegebenen Zeitpunkt die Halbierung feststellt und durch Anruf den andern zum Ablesen der Höhe veranlafst. Angabe des Ortes, der Zeit, der Witterung und des Azimuts (der Himmelsgegend) ist notwendig, wenn die Beobachtung Wert haben soll. Benutzt man abends die Sterne als Orientierungspunkte, so ist gar kein Quadrant notwendig, wenn nur die Zeit auf einige Zehntelminuten verbürgt werden kann. Man wird dann z. B. auf einer oder mehreren *Rohrbach*schen Karten eine gekrümmte Linie zu zeichnen versuchen, die den Verlauf des vom Zenit und Horizont gleichweit abstehenden Höhenkreises (Almukantarat) angibt. Hier wie bei allen Eintragungen ist zu bemerken, dafs die Karte immer das Datum, die Zeit und den Namen des Beobachters enthalten soll, wenn auch all dieses im Buche gleichfalls angegeben ist. Die rechnerische Bearbeitung der Aufzeichnungen hat hier wie in andern Fällen nicht auf der Reise, sondern im Studierzimmer zu geschehen [1]).

[1]) Man vergleiche zu diesen wie zu andern Zweigen der meteorologischen Optik den II. Band der Geophysik von *S. Günther*. Die in diesem Werke gewählte Reihenfolge haben wir fast genau beibehalten.



Das Funkeln der Sterne ist ein äufserst verwickelter Vorgang, und die verschiedenen zu seiner Beobachtung ersonnenen Instrumente (Szintillometer) liegen im ganzen aufserhalb der uns gesteckten Grenzen. Immerhin kann man versuchen, den Feldstecher als einfaches Szintillometer zu benutzen, indem man ihn derart konisch vor dem Auge bewegt, dafs das Bild eines hellen Sternes zu einem Kreise ausgezogen wird. Man sieht dann diesen Kreis nicht gleichmäfsig verlaufen; vielmehr treten vielfache Unterbrechungen und Farbenwechsel auf. Die Zahl der Unterbrechungsstellen, die zeitlich den Momenten entsprechen, wo der Stern ausgelöscht erscheint, ist ein gewisses Mafs für die Stärke des Funkelns. Mit Hilfe einer laut tickenden Weckuhr kann man die Schnelligkeit der Drehung relativ konstant erhalten. Über die Stärke der Szintillation in verschiedenen Breiten und Seehöhen findet man in der Literatur vielfach einander wiedersprechende Angaben. Zu beachten ist natürlich auch die verschiedene Höhe der Sterne über dem Horizonte. Sind sie genau identifiziert, was schon mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Spektra verlangt werden mufs, so sind bei jeder Orts- und Zeitbestimmung Azimut und Höhe später leicht zu ermitteln. Vom Funkeln zu unterscheiden ist das Strahlenwerfen der Sterne, eine in der Hauptsache physiologische Erscheinung, die Folge des strahligen Gefüges unserer Kristallinse, auf dem wieder die Akkomodationsfähigkeit beruht. Wer den gestirnten Himmel überhaupt liebgewonnen hat, wird auch hierüber, z. B. bezüglich der Zahl und Richtung der Strahlen bei verschiedenen Sternen wie über die Abhängigkeit des Phänomens vom Gebrauche einer Brille oder eines kleinen Fernrohrs, allerhand Beobachtungen anstellen und hierdurch der Ophthalmologie nützen können.

Beobachtungen über atmosphärische Strahlenbrechung oder Refraktion sind im ganzen für den Reisenden zu schwierig, ja wegen der Notwendigkeit feinster Messungen unmöglich. Wer indessen einen Theodoliten und etwas Zeit zur Verfügung hat, wird wenigstens zur eigenen Belehrung einzelnes beobachten können; z. B. dafs das Bild eines scharf eingestellten, weit entfernten irdischen Objekts infolge der wechselnden Luftströmungen im Laufe des Tages ein wenig schwankt, und zwar nicht nur auf und ab, sondern infolge der sog. lateralen Reflexion auch von rechts nach links. Das früher vielbesprochene Sternschwanken, dessen Realität neuerdings stark angezweifelt wird, gehört auch hierher. Es soll in hüpfenden Bewegungen der in der Nähe des

Horizontes befindlichen hellen Sterne bestehen, und zwar in auf- und abwärts gerichteten und auch in seitlichen Sprüngen. Vielleicht wird nur die mit dem Funkeln verbundene zeitweilige Auslöschung vom Auge unrichtig gedeutet; im aufgestellten Fernrohr soll es verschwinden, während man in der älteren Literatur hier und da das gerade Gegenteil liest. Nachprüfung mit Hilfe des Theodoliten, und zwar in verschiedenen Breiten und Meereshöhen, ist immerhin erwünscht; kann man den Ort des Sternes auf naheliegende irdische Objekte beziehen, die indessen für einen Feldstecher noch als unendlich fern gelten dürfen, so liefse sich vielleicht schon mit diesem einfachen Instrument der Sachverhalt untersuchen. Weit entfernte Berge und Büsche werden dagegen die etwaige Schwankung grofsenteils mitmachen.

Beobachtungen über die Durchsichtigkeit der Atmosphäre erfordern im allgemeinen Hilfsmittel, die über unsern Rahmen hinausgehen; im besonderen wird gelegentlich der Beobachtungen veränderlicher Sterne darauf zu achten sein. Auch die Spektroskopie der Atmosphäre hat auszuscheiden.

Die Atmosphäre der Erdkugel ist bis in ziemlich hohe Schichten hinauf mit feinem Staube erfüllt, der zur Bildung von Wasserbläschen Anhalt gibt. Diese Fremdkörper in dem Medium der Luft stellen eine Wolke von Teilchen dar, die durch sehr viel gröfsere Zwischenräume getrennt sind, also eine durchstrahlbare Masse wie Rauch oder Zimmerstaub. Indem die Sonne die ihr zugewandte Seite der Erdkugel beleuchtet, sendet sie ihre Strahlen offenbar auch den Luftteilchen in dem Grenzgebiete der Nachtseite zu; diese werfen das Licht nach allen Seiten weiter, und die Atmosphäre als Ganzes verhält sich also bei dem Phänomen der Dämmerung in etwa wie ein selbstleuchtender Körper. Wie weit das Licht in die Nachtseite der Atmosphäre vordringt oder bei welcher negativen Sonnenhöhe der Gesichtskreis noch beleuchtet erscheint, das hängt von der Höhe der Atmosphäre ab, besser gesagt, von der Höhe, in welcher sie zufolge ihres Gehaltes an Fremdkörpern noch durchstrahlbar ist. Mit dieser Bestimmung ist auch sofort eine grofse Unsicherheit gegeben. Es ist sogar in etwa Sache der Übereinkunft, wo man jene Grenze in der Atmosphäre legen will; hat man sie einmal gelegt, so ergibt sich eine bestimmte negative Sonnenhöhe, also auf der Erdkugel ein bestimmter Winkelabstand des Beobachtungsortes von dem Hauptkreise der Kugel, dessen Anwohner den Sonnenmittelpunkt ohne Refraktion im Horizonte sehen würden. Nach *Lambert* hat man von der astronomischen Dämmerung, die gerechnet

wird, solange überhaupt ein beleuchteter Kreis in der Atmosphäre gesehen wird, die bürgerliche Dämmerung zu unterscheiden, die so lange gilt, wie ein im Freien arbeitender Mensch noch hinreichendes Licht findet; nach andrer Angabe, solange man mittelgrofse Druckschrift noch ohne erhebliche Anstrengung im Freien lesen kann. Wenn für die erste eine negative Sonnenhöhe $-\eta = -18^0$, für die andre eine Höhe $-\vartheta = -6^0\,23'$ festgesetzt wird, so ist das, wie gesagt, willkürliche Konvention, indem in der einen Zahl eine gewisse Annahme über die Höhe der atmosphärischen Grenzschicht, in der zweiten eine solche über die menschlichen Augen enthalten ist. Die einfache Grundformel

$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t$$

aus der sphärischen Astronomie, wo h die Höhe eines Gestirns über dem Horizonte, t sein Stundenwinkel ist, während δ die Abweichung (Deklination) des Gestirns vom Äquator und φ die geographische Breite des Beobachtungsortes bedeutet, gibt uns, indem $h = -\eta$ oder $h = -\vartheta$ gesetzt wird, die Möglichkeit, den Stundenwinkel für Anfang und Ende der Dämmerung zu berechnen. Am Schlusse der astronomischen Abenddämmerung, der bei dem Stundenwinkel t_1 der Sonne eintreten mufs, haben wir

$$-\sin\eta = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t_1.$$

$$\cos t_1 = \frac{-\sin\eta - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}$$

Dagegen ist der Sonnenmittelpunkt, ohne Rücksicht auf die Strahlenbrechung, bei einem Stundenwinkel t_0 untergegangen, der durch die Gleichung

$$0 = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t_0 \text{ oder}$$

$$\cos t_0 = -\tan\varphi \tan\delta$$

bestimmt wird. Hat man t_1 und t_0, und zwar der Einfachheit wegen in Bogengraden und deren Dezimalteilen, so ist $t_1 - t_0$ die Differenz der Stundenwinkel; da dem Bogengrade 4 Zeitminuten entsprechen, so ist $4\,(t_1 - t_0)$ die Dauer der Dämmerung in Minuten. Die Formel für t_0 wird im Hochsommer innerhalb der Polarkreise unbrauchbar, die für η bereits in geringeren Breiten: Mitternachtssonne und Mitternachtsdämmerung. Für die kürzeste Dämmerung leitete *Stoll* die Formel

$$\sin\delta = -\sin\varphi \tan\eta$$

ab. Man kann hiernach für jede geographische Breite die Sonnendeklination berechnen, bei welcher die Dämmerung die geringste Dauer hat. Sie tritt zweimal ein, im Frühjahr und

im Herbst. Nach vollzogener Rechnung kann man mit Hilfe einer Ephemeride (siehe oben) das Datum feststellen.

Der nur relative Wert der Konstanten η und ϑ legt den Wunsch nahe, dafs sie unter möglichst wechselnden Bedingungen nachgeprüft werden möchten. Die übliche Angabe, dafs die bürgerliche Dämmerung in den Tropen äufserst kurz sei, auch noch mit Rücksicht auf die Formel, wird neuerdings bestritten. Wer etwa über die Lesbarkeit guter Druckschrift im Freien Beobachtungen anstellte, die möglichst vervielfältigt werden müfsten behufs Ableitung genauer Ergebnisse, könnte zur Beantwortung der Frage, die ein soziales und forensisches Interesse hat, einiges beitragen. Die Zeit ist auf Zehntelminuten anzugeben oder, wenn die Änderung zu unbestimmt ist, auf halbe oder ganze Minuten. Es wäre morgens und abends zu beobachten, einmal weil infolge der verschiedenen Feuchtigkeit der Luft die eine Erscheinungsreihe nicht das vollkommene Spiegelbild der andern ist, dann aber auch, weil psychische Unterschiede mitspielen. Beobachter an verschiedenen Orten können verabreden, mit Exemplaren derselben Bücher, etwa des vorliegenden, die Beobachtungen anzustellen; auch Beobachter, die nur so weit getrennt sind, dafs sie sich nicht direkt verständigen und beeinflussen können. Hier wie auf so vielen andern Gebieten, wo man gezwungen ist, mit roheren Hilfsmitteln zu arbeiten, ist es eine Hauptpflicht, die im Subjekt liegenden Fehler nicht zu hoch anschwellen zu lassen. Das Verderblichste ist das Nachschlagen früherer eigener oder fremder Beobachtungen. Wir möchten bei dieser Gelegenheit eine allgemeine Regel aufstellen, nämlich dafs im Beobachtungsbuche die Notizen zeitlich, aber nicht sachlich zu ordnen sind. Je mehr Beobachtungen verschiedener Art durcheinanderstehen, desto sicherer ist man vor der Gefahr, durch zufälliges Erblicken einer älteren Notiz das Urteil zu befangen. Die kleine Unbequemlichkeit, dafs fortlaufende Abkürzungen vermieden werden müssen, wird reichlich durch zwei Vorteile ausgeglichen: einmal, dafs wir mit Hilfe der Wetternotizen, die jeder Beobachter gelegentlich einstreuen wird, über alle Beobachtungen eines Abends oder Morgens ein Urteil ermöglichen, dann, dafs die spätere Verbesserung der angeschriebenen Uhrzeiten in einfacher Weise durch den Beobachter vollzogen werden kann. Zwar müssen gerade Dämmerungsbeobachtungen für die Rechnung in wahrer Ortszeit ausgedrückt werden; hat aber ein Reisebeobachter eine Normalzeit, z. B. Greenwich, zugrunde gelegt, die er mit Hilfe der Schiffsuhr oder des Zeitballs erhalten, so wird das dem

Rechner lieber sein, als wenn er sich noch fragen müfste, ob die umständliche Reduktion auf wahre Ortszeit richtig vollzogen ist. Das vorgeschriebene Verfahren legt dem Beobachter die Pflicht auf, ab und zu die Beobachtungen einer Art zu exzerpieren, am besten zu einer Zeit, wo ihm die laufenden Wahrnehmungen durch die gewonnene Kenntnis nicht beeinflufst werden können; also bei schlechtem Wetter oder auch, wenn es sich um veränderliche Sterne handelt, bei der Konjunktion mit Sonne oder Vollmond.

Sofort, nachdem der obere Sonnenrand am westlichen Horizonte verschwunden ist, beginnt gegenüber am östlichen der Erdschatten aufzusteigen. Das beleuchtete Gebiet der Atmosphäre wird kleiner und kleiner, und wenn der Erdschatten den Scheitelpunkt überschritten hat, nennen wir es das Dämmerungssegment. Je tiefer der Erdschatten noch im Osten steht, desto deutlicher ist seine Grenze rot gefärbt. Dieses Rot ist wohl zu unterscheiden von der Gegendämmerung, einem anscheinend auf einer Art von Spiegelung beruhenden roten Schimmer im Osten gegenüber dem lebhaften Purpurlichte des Westens. Die Vorgänge, welche das weitere Aufsteigen des Erdschattens begleiten, gehören zu den verwickeltsten optischen Erscheinungen; sie sollen hier nicht ausführlich beschrieben werden. Wer die Zeit und Gelegenheit hat, im Freien eine schöne Abenddämmerung zu beobachten, versäume nicht, über die verschiedenen Farbenerscheinungen Notizen zu machen, und zwar mit möglichst genauer Zeitangabe; bei der raschen Änderung ist das Zehntel der Minute als Genauigkeitsgrenze wenigstens anzustreben. Das erste, worauf gerade im Augenblick und an der Stelle des endgültigen Unterganges der Sonnenscheibe zu achten, ist das Aufblitzen des sog. grünen Strahles, von dem aus mehreren Beobachtungsgebieten erzählt wird. Er hält eine äufserst kurze Zeit an und dürfte auf der Verschiedenheit der Refraktion für Strahlen verschiedener Wellenlänge beruhen. Für die übrigen Erscheinungen, also den die untergehende Sonne umgebenden Bishopschen Ring, der manchmal schon bei Tage hinter *Cumulus*-Wolken hervorlugt, sowie für die Gegendämmerung und was sonst an farbigen Flächen zu sehen ist, kann man sich bezüglich der Sichtbarkeit einer Skala bedienen, die z. B. auch für die gleich zu besprechende Sichtbarkeit der Sterne in der Dämmerung und bei Tage, des aschgrauen Mondlichtes, des Tierkreislichtes und andrer Erscheinungen verwendbar ist: 10) auffallend hell, 9) hell, 8) bequem sichtbar, 7) sehr gut, 6) gut, 5) ziemlich gut, 4) sicher zu sehen,

3) mit Mühe, 2) kaum sichtbar, 1) sicherlich unsichtbar. (Zur internationalen Verständigung vielleicht so: *luculentissimus, luculentus, commode conspicuus, optime, bene, admodum bene, certe, aegre, vix conspicuus, certe non conspicuus.*)

Auffallende Dämmerungserscheinungen, die seit 1883 und wieder seit 1901 aufgetreten sind, werden mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf die kurz vorher eingetretenen vulkanischen Katastrophen in der Sunda-Strafse und in Westindien zurückgeführt. Man achte also namentlich in Gegenden mit tätigen Vulkanen auf aufsergewöhnliche Dämmerungen. Vergl. noch S. 717.

Das normale Dämmerungssegment ist zuweilen scharf genug abgeschnitten, um auf hellere Sterne bezogen werden zu können. Wir können dann den ungefähren Verlauf seiner Grenze in *Rohrbach*sche Karten eintragen; gehört zu den als Anhalt dienenden Sternen ein Planet, so ist dieser vorher gleichfalls einzutragen. (Hierzu wird man mit Hilfe des *Nautical Almanac* oder einer andern Ephemeride den Ort etwa im *Messer*schen Atlas bestimmen, da dieser Gradnetze hat, und ihn dann mit Rücksicht auf die benachbarten Sterne vorsichtig in die *Rohrbach*sche Karte übertragen. Der aus der Verschiedenheit der Äquinoktien und der Ungenauigkeit der Übertragung hervorgehende Fehler ist dann nicht bedeutend im Vergleich mit der immer noch bestehenden Unsicherheit der Grenze.) Die Lehre von den Dämmerungserscheinungen ist noch keineswegs so abgeschlossen, dafs nicht Beobachtungsreihen dieser Art, besonders längere, einen grofsen Wert hätten. Es ist dann zweckmäfsig, eine und dieselbe Karte nicht an zwei aufeinanderfolgenden Tagen zu benutzen; besser braucht man abwechselnd mehrere Karten von demselben Block und benutzt die erste dann erst wieder, wenn sich der Sternenhimmel schon merklich verschoben hat, um einen Einflufs der älteren Zeichnungen auf die neuere zu verhindern. Dasselbe gilt z. B. auch von Einzeichnungen des Zodiakallichtes. Mit den wechselnden Planetenörtern mufs man sich dann entsprechend abfinden. Den Mond wird man zur Orientierung nicht leicht benutzen können, weil schon eine schmale Sichel auslöschend wirkt. Jedenfalls wäre eine genaue Festlegung seines rasch veränderlichen Ortes auf der Karte, für eine bestimmte Viertelstunde etwa, mit umständlicher Rechnung verknüpft. — Das Einzeichnen der Dämmerungsgrenze mufs mit einer gewissen Schnelligkeit geschehen; am besten vollziehen es nur solche, die bereits im Einzeichnen des Zodiakallichtes geübt sind.

Das Auftauchen erst der helleren, dann der schwächeren Sterne am Abendhimmel und ihr Ver-

schwinden in der Morgendämmerung ist nach der vorhin mitgeteilten zehnteiligen Skala anzugeben. Ausgedehntere Beobachtungsreihen darüber mit guten Wetternotizen sind immerhin erwünscht. Der Beobachter mufs jedoch auch über die Güte seiner Augen berichten. Ein Auge, das nicht einmal, sei es mit oder ohne Brille, das Reiterlein im Himmelswagen (*g Ursae majoris* neben ζ) erkennt, kann nicht als normal gelten, womit nicht gesagt ist, dafs es zu Beobachtungen dieser Art überhaupt ungeeignet wäre. Als Kennzeichen für besonders scharfe Augen kann die Unterscheidung von mehr als sechs Sternen in der Gruppe der Plejaden, die Auflösung von *α Capricorni*, *δ Lyrae*, *ε Lyrae*, *ϑ Tauri* (in den Hyaden) in je zwei Sterne gelten. Morgens kann man einen hellen Stern etwa von zwei zu zwei Minuten verfolgen, womöglich mit Orientierung nach irdischen Objekten, und jedesmal den Grad der Sichtbarkeit in der Skala ausdrücken. Die Zehntelminute ist als Genauigkeitsgrenze anzustreben. Abends wartet man am besten, bis einzelne helle Sterne da sind, und man sucht dann mit Hilfe der Karte oder des Gedächtnisses die übrigen, was manchmal ziemlich leicht ist. Gute Beispiele liefern die Sternbilder des Adlers und des Orion. Die heliakischen Auf- und Untergänge heller Fixsterne, also ihr erstes Auftauchen in der Morgendämmerung zu bestimmten Jahreszeiten sowie entsprechend ihr Verschwinden im Tageslichte, sind, mit Rücksicht auf geschichtliche Fragen, besonders in den Ländern des klassischen Altertums zu verfolgen. (Präzession!)

Nach der Entdeckung von *Liais* (1858) ist am östlichen Himmel schon vor Beginn der sichtbaren Morgendämmerung polarisiertes Licht vorhanden, dessen Polarisationsebene durch den Sonnenort geht[1]). Dieses Licht, welches aus höheren Schichten der Atmosphäre kommen mufs als die im gewöhnlichen Dämmerlicht strahlenden, hat beim Beginn der astronomischen Dämmerung bereits den Zenit erreicht und schreitet nun langsam nach Westen fort. „Bedenkt man, dafs in der Nähe des Zenites die Grenze des polarisierten Lichtes mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten mufs wie die Grenze des Erdschattens, so ersieht man sofort, dafs aus der Zeit, welche das polarisierte Licht braucht, um eine gewisse Winkelgröfse

---

[1]) Der Verfasser hat die in diesem Absatze zu behandelnden Erscheinungen selbst noch nicht beobachten können; er folgt, zum teil wörtlich, den Ausführungen des Herrn Hofrats Prof. *Weifs*, im I. Bande der 2. Auflage dieses Werkes, Seite 390—391. Bezüglich der Lichtpolarisation am Tage mufs auf eingehendere Werke verwiesen werden.

im Zenite zu passieren, die Höhe der [merkbar reflektierenden] Atmosphäre berechnet werden kann." In einem von Liais beobachteten Falle ergaben sich 345 km, während der oben angegebene Wert η für die negative Sonnenhöhe bei Beginn der Morgendämmerung nur 70—80 km ergibt. Um die Zenitdistanz des höchsten Punktes mit polarisiertem Lichte zu ermitteln, mufs man allerdings das Azimut der noch unsichtbaren Sonne angenähert kennen und ferner das Polariskop an einem Apparate anbringen, der Höhenablesung, womöglich auf Zehntelgrade, mindestens auf ganze Grade gestattet, also an dem oben beschriebenen Quadranten, noch besser am Theodoliten. „Diese Beobachtungen können schon mit den einfachsten Polariskopen, dem Nicholschen Prisma und der Turmalinplatte [1]), und zwar auf die vorteilhafteste Art ausgeführt werden. Dreht man nämlich eines dieser Polariskope, nachdem man es auf die zu untersuchende Stelle des Himmels gerichtet hat, vor dem Auge, und fixiert man dabei die kleinsten im Gesichtsfelde eben noch sichtbaren Sterne, so werden sich diese während der Drehung mit verschiedener Intensität vom Hintergrunde abzuheben scheinen, sobald dessen Licht polarisiert ist, weil sich in diesem Falle dessen Helligkeit bei der Drehung des Polariskops ändert. Ist jedoch das Licht des Hintergrundes nicht polarisiert, so affiziert die Drehung des Polariskopes seine Helligkeit nicht, und infolgedessen ebensowenig die scheinbare Lichtstärke der Sterne." — Auf etwaige Störung durch den Mond, auch schon durch das Dämmerlicht desselben, ist natürlich wohl zu achten.

In der Nähe von einigermafsen grofsen Städten, besonders auch von grofsen industriellen Anlagen und Bahnhöfen, werden alle Beobachtungen solcher Art mehr oder weniger unsicher. Zahlreiche künstliche Lichtquellen durchstrahlen die Atmosphäre bis zu einer Höhe, über die man eine Vorstellung gewinnt, wenn man den Lichtschimmer aus dem Abstande von mehreren Kilometern betrachtet. Niedrig hängende Wolken, wie *Cumulonimbus* u. a., werfen manchmal das Lampenlicht so stark zurück, dafs der Unkundige den Mond hinter den Wolken vermutet; im Randgebiete einer grofsen Stadt ist diese Erhellung der Wolken leicht wahrzunehmen. Man suche sich von diesen Störungen möglichst freizumachen; wenn das nicht geht, verzeichne man sie im Beobachtungsbuche.

I r i s i e r e n d e W o l k e n möge man mit Angabe der Zeit,

---

[1]) Der Nichol dürfte wegen des geringeren Lichtverlustes vorzuziehen sein.

des Azimuts und der Höhe, diese Gröfsen wenigstens annähernd genau, verzeichnen. Die in den obersten Luftschichten auftretenden leuchtenden Nachtwolken müssen, wenn etwas dabei herauskommen soll, an mehreren Orten unter möglichst guter Zeitbestimmung photographisch aufgefafst werden; sie scheiden also hier aus. — Über die Klarheit der Luft sollte bei jeder Beobachtung irgendwelche Notiz gemacht werden; ein Schema findet man unten (S. 715—716) bei der Anweisung zum Beobachten der veränderlichen Sterne.

Über die Höhe der Schichten, in denen sich die Erscheinung des Polarlichtes abspielt, hat man sich noch nicht ganz einigen können. Zahlreiche korrespondierende Beobachtungen sind hier vonnöten, und jede gelegentliche Aufzeichnung ist von Wert, wenn nur die Zeit recht gut bestimmt ist. Der Reisende wird nicht, wie der Beobachter an einem Institut, durch die Unruhe der Magnetnadel auf ein bevorstehendes Nordlicht aufmerksam gemacht; wer sich aber gewöhnt hat, auf die Verteilung der Farben und Flächenhelligkeiten am Himmel überhaupt zu achten, dem werden weder Nordlichter noch absonderliche Dämmerungserscheinungen entgehen. In mittleren Breiten wird das Nordlicht gewöhnlich durch eine Rötung des nördlichen Himmels bis etwa 25° Höhe (nach unserer Erfahrung) eingeleitet, die einigermafsen an den Anblick erinnert, den entfernte Hochöfen oder Schadenfeuer darbieten. Erblickt man diese Rötung, die schon des Azimuts wegen kaum mit Dämmerungserscheinungen zu verwechseln ist, so möge man rasch für eine Uhrvergleichung sorgen, die nötigen *Rohrbach*karten in hinreichender Anzahl zur Hand nehmen, einen freien Ausblick nach Norden und Süden zu gewinnen suchen und womöglich einen wenn auch ungeschulten Mitarbeiter heranziehen. Des Notierens wert ist hauptsächlich die Korona des Nordlichtes, die sich bald nach dem roten Schimmer im Norden herausbildet und mehr oder weniger leicht durch Beziehung auf die Sterne eingezeichnet werden kann; dann das Phänomen der aufschiefsenden Strahlen, das der Beobachter desto besser auffassen wird, je mehr er einerseits mit der Lage der Zirkumpolarsterne, anderseits mit leuchtenden Flächen, wie Wolken und Milchstrafse, vertraut ist. Beim Aufschiefsen eines solchen Strahles wird dem Gehilfen ein Zeichen gegeben; er hat die Uhr nach Sekunden und Minuten abzulesen und neben die Zahl im Buche ein ihm zugerufenes Zeichen, etwa den Buchstaben *A* zu setzen. Der Beobachter selbst wird dann die Lage des Streifens unter den Sternen schnell in die Karte eintragen, denselben Buchstaben

zusetzen, etwaige Änderungen, z. B. zuckende Verlängerungen des Strahles, gleichfalls vermerken, durch Zuruf eine zweite Zeitnotierung veranlassen usw. Wir haben öfters erfahren, daſs bei der groſsen Schnelligkeit des Aufschieſsens, Verlöschens und Wanderns der Strahlen ein Einzelner nicht folgen kann. Das Wandern ist namentlich noch viel zu wenig beobachtet. Die verschiedenen Lagen eines und desselben Strahles können auf der Karte und in den Notizen des Gehilfen mit A_1, A_2, A_3 . . . bezeichnet werden, verschiedene Strahlen mit *A*, *B*, *C*. Etwaige Änderungen der Korona sind natürlich auch aufzuzeichnen. Wer die Milchstraſse näher kennt, wird aus der besseren oder schlechteren Sichtbarkeit ihrer hohen Maxima (*Cygnus*, *Scutum*) und tiefen Minima (Kohlensäcke in *Cassiopeia* usw.) einerseits auf den Luftzustand, anderseits auf die Ausbreitung des Polarlichtes schlieſsen können. Verfehlt wäre es freilich, die Milchstraſsendarstellung in einem Atlas (*Heis*, *Easton*, *Houzeau*) gerade zu diesem Zweck mit dem Himmel zu vergleichen, man habe denn die feste Überzeugung, am Himmel wirklich dasselbe zu sehen wie im Buche. Es versteht sich, daſs auch auf die Mondphase zu achten ist.

Die Überwachung des südlichen Himmels ist notwendig, weil sich an diesem ein zweiter Konvergenzpunkt der Strahlen befindet, und zwar hoch über dem Horizonte; in roher Näherung ist es der Punkt, auf den das Südende der Inklinationsnadel weist. Er wird mitunter durch einen leuchtenden Fleck gekennzeichnet, nicht nur in etwas höheren Breiten (vgl. die im 1. Bande der Kirchhoffschen Erdkunde, Hann-Hochstetter-Pokorny, abgedruckten farbigen Nordlichtbilder aus Edinburg von *Piazzi Smyth*), sondern auch in mittleren. Der Verfasser hat ihn gelegentlich des Nordlichtes vom 9. September 1898 bei Münster recht gut sehen können. Auch dieser Fleck ist in die *Rohrbach*karte, nach Bedarf mehrmals, einzutragen. Es wird die Unbefangenheit fördern, wenn man hierzu mehrere Exemplare derselben Karte nimmt. Hier wie bei den Strahlen und der Korona ist auf die Färbung zu achten. Bei äuſserst hellen Nordlichtern wird man auch ein kleines geradsichtiges Spektroskop brauchen können; vermutlich aber wird der Reisende mit mehr Nutzen arbeiten, wenn er sich auf Beobachtungen mit freiem Auge beschränkt.

In höheren Breiten haben die Polarlichter andre Formen. Es treten besonders die sogen. Draperien auf, deren örtliche Beziehung auf die Sterne nicht immer leicht sein wird. — Über gleichzeitige magnetische Beobachtungen handelt ein andrer Teil des Werkes. Beide Erscheinungs-

reihen, die Polarlichter und die Schwankungen der erdmagnetischen Elemente, hängen bekanntlich eng mit den **Sonnenflecken** zusammen. Auch diese scheiden im ganzen aus dem Rahmen unsrer Betrachtung aus. Mit jedem kleinen Fernrohr, auch mit dem Feldstecher, läfst sich übrigens leicht ein schwarzes Sonnenglas verbinden; es gehört zu den Gegenständen, die man der Zerbrechlichkeit wegen in mehreren Exemplaren mitnehmen sollte, daneben auch noch in mehreren Absorptionsstärken. Kann der Reisende auch wohl nicht regelmäfsige Fleckenzählungen ausführen, so wird er doch, schon zur eigenen Befriedigung und Belehrung, auf gröfsere Flecken achten, deren wechselnde Lage, schon infolge der täglichen Drehung der Erde, dann auch infolge der Sonnenrotation, interessant genug ist. Nähert sich eine sehr grofse Fleckengruppe dem Zentralmeridian der Sonnenscheibe, dann ist in arktischen Gegenden mit grofser Wahrscheinlichkeit ein Nordlicht zu erwarten. — Bei tiefstehender Sonne sind gröfsere Flecken hier und da mit freien Augen gesehen worden. Solche Beobachtungen sind aber mit Vorsicht anzustellen. — Ein Venusdurchgang findet erst wieder im Jahre 2004 statt. Dagegen treten Merkurdurchgänge öfter ein; ist ein solcher im *Nautical Almanac* angekündigt, so könnte man im Sichtbarkeitsgebiet immerhin mit einem kleinen Fernrohr den Verlauf beobachten, wenngleich man sich davon keine grofsen Resultate versprechen kann. Venus ist während des Durchganges von 1882 anscheinend auch dem freien Auge sichtbar gewesen; Merkur ist dafür zu klein.

Die wechselnde **Helligkeit der Planeten Merkur und Venus** hat ihren Grund in der Phase, dem stark veränderlichen Abstand von der Erde und in der Störung durch das Dämmerlicht. Über die Sichtbarkeit des bekanntlich schwer auffindbaren Merkur hat man noch nicht genug zusammenhängende Beobachtungsreihen. Seine Bahn ist so exzentrisch, dafs die gröfste Elongation von der Sonne, also der Winkelabstand von ihr, in welchem er uns als Halbmond erscheint, einen sehr veränderlichen Wert besitzt. Findet diese Elongation im Perihelium des Planeten statt, so ist er natürlich viel heller beleuchtet, als wenn sie mit dem Aphel zusammenfällt. Da er aber in letzterer Stellung auch für uns weiter von der Sonne absteht als in ersterer, wird er in jener doch besser zu sehen sein. Einen anderen Einflufs üben die Jahreszeit sowie die Neigung der Merkurbahn gegen die Erdbahn aus. Im ganzen scheinen für die südliche Halbkugel bessere Bedingungen als für die Nordhalbkugel stattzufinden. (Vergl.

Mitteilungen der V.A.P., Jahrgang XII [1902], Seite 1.) Will man den Planeten auffinden, so mufs man sich der Ephemeride im *Nautical Almanac* sowie der Übersicht der Erscheinungen bedienen, die dort als *Phenomena*, im Berliner Jahrbuch und überhaupt in der deutschen Literatur als Konstellationen bezeichnet werden. Da die Umlaufszeit noch nicht ein Vierteljahr beträgt, wird man bald die Zeit herausfinden, zu welcher infolge grofser Elongation, grofsen wahren Sonnenabstandes (nahe dem Aphel), gröfster nördlicher oder für die Südhalbkugel südlicher heliozentrischer Breite sowie steiler Stellung der Ekliptik, nämlich für den Abendstern im Frühjahr, für den Morgenstern im Herbst, die Bedingungen die günstigsten sind. Nahe Konstellationen mit hellen Fixsternen, wie man sie mit Hilfe der Ephemeride und eines ausführlichen Himmelsatlas (*Messer*, *Schurig*, *Heis*) vorauswissen kann, erleichtern die Auffindung; natürlich auch Konstellationen mit dem Monde, wenn sie zu richtiger Zeit stattfinden. Sie werden in den Jahrbüchern auf die Stunde genau angegeben. Schätzenswert wäre namentlich ein Beitrag zur Beantwortung der Frage, wieviel Tage nach einer besonders günstigen Stellung der Planet noch gesehen werden konnte; so auch für Venus, wie lang der um die Zeit ihrer oberen oder unteren Konjunktion mit der Sonne liegende Zeitraum der Unsichtbarkeit ist. Die Konjunktionen finden zuweilen in einer Zeit statt, wo Venus, infolge der Stellung im Tierkreise und manchmal auch noch der heliozentrischen Breite, eine weit höhere nördliche Deklination als die Sonne besitzt. Sie mufs dann lange vor dieser auf- und nach ihr untergehen, d. h. für einige Tage zugleich Morgen- und Abendstern sein. Es wäre interessant, zu erfahren, ob das nur geometrisch richtig ist oder auch wirklich gesehen werden kann. — In den hellsten Phasen, die symmetrisch um mehrere Wochen von der unteren Konjunktion entfernt sind, kann Venus, wenn man ihren Ort kennt, mehr oder weniger leicht bei Tage mit freiem Auge gesehen werden. Beobachtungsreihen über den Grad der Sichtbarkeit des in der Morgendämmerung allmählich verschwindenden Planeten sowie der Nachweis, in welchen Phasen sie tatsächlich bei scheinender Sonne sichtbar bleibt, sind erwünscht. (Über die Sichtbarkeitsgrade vergleiche oben S. 682—683.) Für Jupiter, Saturn und Merkur gilt dasselbe. Wenn die Auffindung durch Bäume, Häuser oder eine Mondkonjunktion erleichtert wird, ist das natürlich zu vermerken. Im übrigen sind die Konstellationen hauptsächlich zur Unterhaltung und Belehrung willkommen. Bei sehr engen Zusammenkünften zweier Planeten kann der Be-

sitzer eines kleinen Fernrohrs noch auf die Verschiedenheit der Flächenhelligkeit und Farbe achten, bei Bedeckungen der Planeten und Fixsterne auf die Zeitpunkte des Ein- und Austrittes. Solche Notizen können, wenn die Zeiten gut, mindestens auf die Sekunde genau bestimmt sind, von einigem Werte sein, auch z. B. für die Ortsbestimmung. — Die nach Jahreszeit und geographischer Breite wechselnde Lage der Mondflecken zum Horizonte ist wieder ein gutes Lehrmittel. Auch die Libration des Mondes ist mit kleinen Instrumenten schon leicht nachweisbar; man versuche z. B. in einem Monat die als *Mare Crisium* bezeichnete Ebene bei junger Mondsichel, bei Halbmond und bei vollem Lichte zu zeichnen; man wird die Exzentrizität der Ellipse stark veränderlich finden. — Notizen über die erste Sichtbarkeit der jungen, die letzte der alten Mondsichel, und zwar in verschiedenen Gegenden, können für geschichtlich-chronologische Fragen von Wert sein.

Von den Finsternissen sind, für die Erde als Ganzes betrachtet, die der Sonne die häufigeren, während der einzelne Beobachter mehr Aussicht auf sichtbare Mondfinsternisse hat. Bei partiellen oder ringförmigen Sonnenfinsternissen wird man sich aus den im *Nautical Almanac* gegebenen und ausführlich erläuterten Zahlen verhältnismäfsig leicht ein Bild von dem Verlaufe für den jeweiligen Beobachtungsort machen können. Brauchbar sind genaue Zeitangaben für die Berührungen des Mondschattens mit den Sonnenrändern sowie mit gröfseren Flecken oder Fackeln. Wer das Glück hat, sich in der Totalitätszone einer zentralen Finsternis aufhalten zu dürfen, wird sich für diesen, im allgemeinen vorauszusehenden Fall mit besonderer Anweisung versehen können; kann man sich einer Expedition oder sonstigen gröfseren Beobachtergruppe anschliefsen, so wird man unter Umständen seine Aufmerksamkeit auf bestimmte Vorgänge beschränken und im Interesse der Sache sich den Weisungen anderer fügen müssen. Aber selbst wenn man ganz allein und ohne Fernrohr wäre, könnte man sich durch Aufzeichnungen über die Sichtbarkeit der Korona und der helleren Protuberanzen verdient machen, auch durch Notizen über das Verhalten der Tierwelt während der Totalität, über das Fortschreiten des Mondschattens, das sich vor Beginn und nach Schlufs jener zuweilen in der Atmosphäre bei sehr freier Aussicht beobachten läfst, endlich über die Schattenflüge, „nämlich fliegende, wellenförmige, 10 bis 12 *cm* breite, durch lichte Zwischenräume voneinander getrennte Schattenstreifen, die, wie *Fearnley* im Jahre 1851 zuerst hervorhob, senkrecht

auf der Sehne der eben sichtbaren Sichel der Sonne stehen und sich etwa mit der Geschwindigkeit eines mäſsigen Pferdelaufes über die Landschaft bewegen. Diesen regelmäſsig gebildeten Schattenzügen, welche Begleiter jeder totalen Sonnenfinsternis zu sein scheinen, ist zweifelsohne die kurz vor der Totalität über die Landschaft hinwegziehende undulierende Bewegung und die stoſsweise Ab- und Zunahme der Helligkeit zuzuschreiben, welche häufig erwähnt wird.“ (*Littrow-Weiſs*, Wunder des Himmels, 8. Aufl., 1897; Seite 189.) Da die Erklärung des anscheinend mit dem Funkeln der Sterne verwandten Phänomens (vergl. a. a. O. S. 190) noch nicht abgeschlossen zu sein scheint, kann sich gerade in unserer Zeit, wo Instrumente zur visuellen oder photographischen Beobachtung verbreiteter sind als früher und somit die Gefahr besteht, daſs jene nur dem freien Auge zugänglichen Erscheinungen weniger gut gebucht werden, ein denkender Beobachter durch freiwilligen Verzicht auf künstliche Hilfsmittel und gespannteste Aufmerksamkeit auf die angegebenen Vorgänge einiges Verdienst erwerben. — Kleine weitwinklige Fernrohre vom Typus des Kometensuchers könnten in einzelnen Fällen zum Nachweise der Sichtbarkeit des Mondschattens auf der Korona, noch auſserhalb der Sonnenscheibe, dienen, die mehrfach behauptet worden ist; es handelt sich hier natürlich nicht nur um totale Finsternisse.

Ähnlich steht es um einen angeblich bei Mondfinsternissen eintretenden Vorgang. Der Erdschatten soll bereits auſserhalb des Mondes sichtbar sein, weil die Sonne im Weltraum verstreute Materie erleuchte, wie schon aus dem Zodiakallicht zu ersehen sei. Der Schattenkegel sei also kein bloſs geometrisches Gebilde, und ein gewisser Querschnitt desselben müsse sich uns als kreisförmige Schwärzung des Himmels zeigen. Man mag über diese Vermutung denken wie man will; sie ist jedenfalls der empirischen Prüfung wert, und eine solche kann mit einem weitwinkligen nicht zu stark vergröſsernden Instrument wohl vollzogen werden. — Die eigentliche Mondfinsternis verläuft bekanntlich nicht so exakt wie eine Verdunkelung der Sonne. Wegen des Halbschattens und auch wegen der Dichte der Erdatmosphäre in den unteren Schichten ist man genötigt, die Vorausberechnungen mit einem vergröſserten Erdradius zu machen. Die Atmosphäre wirkt aber nicht nur absorbierend, sondern auch ablenkend auf die Sonnenstrahlen, und als Wirkung dieses Vorganges tritt die Sichtbarkeit der angeblich total verfinsterten Scheibe zutage. Nur in wenigen Fällen, zuletzt am 16. Oktober 1902, ist der Mond mehr oder weniger

vollständig verschwunden. Das letzte sichtbare Streifchen erscheint dann für einige Sekunden dem freien Auge geradezu sternartig. Meistens erscheint der Mond im Kernschatten kupferrot infolge der selektiven Absorption der zu ihm hingelenkten Strahlen in der irdischen Atmosphäre. Doch ist diese Färbung, die einen gewissen Schlufs auf die Witterungsverhältnisse der Gegenden der Erde gestattet, welche die Sonne und den verfinsterten Mond infolge der Refraktion gleichzeitig über dem Horizonte sehen, keineswegs gleichmäfsig über die ganze Mondscheibe ausgebreitet. Wer im Auffassen von Farben geübt ist, kann das Bild von Zeit zu Zeit mit Pastellstiften wiederzugeben versuchen. Ein etwas stärker (von 40 an) vergröfserndes Instrument läfst die Antritte des Schattens an die einzelnen Ringgebirge und Wallebenen gut erkennen; manche dieser Antritte dürften schon in Triëder-Binocles und ähnlichen Instrumenten (Vergröfserung etwa 12 bei den stärksten) recht gut sichtbar sein. Eine Mondkarte, wie man sie für diese und einige der vorhin angedeuteten Beobachtungen braucht, findet man nicht in den mehrerwähnten Himmelsatlanten, aber dafür in den meisten Schulatlanten, und bei dem starken Verbrauch dieser Bücher kann man leicht gelegentlich eine Übersichtskarte des Mondes umsonst erhalten. Bei gröfseren Ringgebirgen (*Coppernicus*, *Tycho*) sind die Bedeckungen für den vorhergehenden und nachfolgenden Rand gesondert zu beobachten. Bei kleineren suche man den Augenblick der Halbierung nach der Uhr festzustellen. — Alle Finsternisbeobachtungen sind zeitig vorzubereiten.

Auch in dem aschgrauen Lichte des Supplementes der jungen oder alten Mondsichel erscheinen irdische Verhältnisse auf den fremden Weltkörper projiziert, da es Erdenlicht ist, welches uns der Trabant in diesen Phasen zuwirft. Der sinnreichen Erklärung, welche *Leonardo da Vinci* zuerst gegeben, hat *Galilei*, nachher unabhängig von ihm auch *Schröter* in Lilienthal, die Bemerkung hinzugefügt, dafs für den europäischen Beobachter der alte, morgens vor der Sonne sichtbare Mond das aschfarbene Licht heller zeigt, weil die grofsen Ländermassen der Ostfeste die Lichtquelle abgeben, während der junge, des Abends sichtbare Mond sein Licht hauptsächlich vom Atlantischen Ozean erhält und darum schwächer leuchtet. Nach unsern Beobachtungen hängt, wie zu erwarten, die Sichtbarkeit jenes zarten Lichtschimmers auch vom Zustande der Atmosphäre und von der Höhe des Mondes über dem Horizont ab. Eine gröfsere Zahl von Notizen über die Güte der Sichtbarkeit, im Anschlufs an die früher (Seite 682—683) auf-

gestellte Skala, wäre sicherlich von Wert; man hätte an jedem Abend oder Morgen, wo das Phänomen in Frage kommt, mehrere Aufzeichnungen nach Zehntelminuten zu machen. Ist der Mond nach der einen oder andern Seite über vier Tage von der Konjunktion mit der Sonne entfernt, so ist das Licht der schwarzen Seite mit freiem Auge kaum zu sehen. — Neben dem von *Galilei* und *Schröter* bemerkten Unterschiede, der auf andere Gegenden der Erde sinngemäfs zu übertragen ist, wird die Anhäufung von helleren und dunkleren Flecken im Mondbilde ihre Rolle beim aschfarbenen Lichte spielen.

Die Planetenwelt ist für Beobachtungen mit einfachen Mitteln nicht ganz so unergiebig, wie man wohl denken möchte. Über Merkur und Venus ist schon geredet worden. Kleinere tragbare Fernrohre zeigen die Monde des Jupiter und ihre Verfinsterungen, die allerdings zur Längenbestimmung höchstens noch im Notfall in Betracht kommen. Der *Nautical Almanac* berechnet sie auf die Zeitsekunde im voraus, doch ist die Beobachtung keineswegs von derselben Sicherheit. Zu der oft auftretenden Behauptung von der Sichtbarkeit der Trabanten oder doch des hellsten (des dritten der vier grofsen Monde) für freie Augen kann ein sehr scharfsichtiger Beobachter Beiträge liefern. Es versteht sich, dafs erst am Himmel nachzusehen ist; glaubt man einen Mond zu finden, so macht man eine kleine Zeichnung, der man, unter Hinzuziehung einer Übersichtskarte des Himmels, ein paar Tierkreissterne beifügt, um die Orientierung gegen die Ekliptik zu haben. Dann erst wird man das Schema, das im *Almanac* für eine geeignete Stunde eines jeden Tages im Jahr gegeben wird, zum Vergleiche heranziehen.

Uranus und Vesta sind Planeten, die gemeinhin als teleskopisch gelten, jedoch, wenn man ihren Ort kennt, auch vom unbewaffneten Auge gefunden werden können; namentlich Uranus ist als Stern sechster Gröfse einem guten Auge bequem sichtbar und jedenfalls im Feldstecher leicht aufzufinden. Der Ort, den die Ephemeride angibt, ist ein wenig für Präzession zu verbessern, wenn man sich eines älteren Atlas bedient; doch ist auch in sternreichen Gegenden wenigstens Uranus immer leicht zu identifizieren. Seine Helligkeit läfst sich, nach der bei den veränderlichen Sternen auseinanderzusetzenden Methode, auf die Helligkeit benachbarter kleiner Fixsterne beziehen, die natürlich gut zu identifizieren sind. Besonders in den Stillständen, wo sich der Planet zur Seite fast gar nicht verschiebt, während sein Abstand von der Erde schneller wechselt, möge man solche Beobachtungen machen. Sie

können die photometrischen Arbeiten über den Planeten Venus ergänzen, auf Grund deren man eine auch sonst wahrscheinliche periodische Veränderlichkeit des Sonnenglanzes behauptet. (So *Müller* in Potsdam.) Es ist auch möglich, dafs Uranus eigenes Licht entwickelt; eine fortlaufende Überwachung seiner Lichtstärke ist also rätlich, und die einfachste, auch auf Reisen mögliche Art ist eben die Lichtschätzung im Feldstecher oder Opernglase.

Für Vesta, den hellsten Stern in der Reihe der Asteroiden, steht die Sache insofern weniger günstig, als sie in mittlerer Opposition nur die Sterngröfse 6,5 hat; die Exzentrizität ihrer Bahn ist nicht so grofs, dafs die Helligkeit in Perihel-Oppositionen wesentlich gröfser würde. Trotzdem halten wir es für möglich, mit Hilfe genauer Atlanten (*Heis*, *Messer*, *Klein*) und eines Feldstechers sowie der Ephemeride im Anhang zum *Nautical Almanac*[1]) den Planeten zur Zeit einer Opposition sicher zu identifizieren; zeichnet man die umliegenden Sterne sorgfältig ein, so wird ein etwaiger Zweifel schon nach einem Tage durch die Eigenbewegung gelöst sein. Da bei mehreren schwachen Asteroiden, wo allerdings infolge der geringen Schwerkraft eine unregelmäfsige Form wahrscheinlicher als bei grofsen Körpern ist, bereits mit gröfserer oder geringerer Bestimmtheit Lichtschwankungen ermittelt sind, könnte der Versuch bei Vesta, dem einzigen für uns hier in Betracht kommenden kleinen Planeten, vielleicht doch auch Erfolg versprechen. Jedenfalls kann die Lichtabnahme nach der Opposition, wenn die Beobachtungen erst in Zahlen umgesetzt sind, etwas über die Beschaffenheit der Oberfläche lehren.

Wer mit dem gestirnten Himmel sehr gut vertraut ist, könnte gelegentlich in den Fall kommen, auf einer Reise einen Kometen zu entdecken. Der Fall ist recht unwahrscheinlich; aber noch im Juli 1902 ist es vorgekommen, dafs ein Bebachter in Neuseeland (*John Grigg* zu Thames, vergl. Astronomische Nachrichten 3816) einen Kometen mehrfach wahrgenommen hat, dafs ihm selbst eine genäherte Bahnbestimmung gelang, dafs aber, weil er den Fund nicht rechtzeitig mitteilte, das

---

[1]) Der *Almanac* gibt Ephemeriden nur für die vier kleinen Planeten Ceres, Pallas, Juno, Vesta, und zwar für das Jahr, auf welches sich die übrigen Ephemeriden der Sammlung beziehen; das Berliner Jahrbuch berücksichtigt eine weit gröfsere Anzahl von Asteroiden für das zweite Jahr vorher, so dafs z. B. im Jahrbuche für 1908 die scheinbaren Wege der kleinen Planeten für 1906 berechnet sind. Das Jahrbuch erschien zu Ende 1905, und der Grund für das Verfahren ist bekannt.

Objekt verloren gegangen ist, ohne von einem andern Astronomen beobachtet oder photographiert worden zu sein. Sieht man nach mehreren Tagen schlechten Wetters einen auffallenden Kometen am Himmel stehen, von dem man nichts gewufst hat, so ist ja die Annahme, man habe es mit einem auch sonst unbekannten Gegenstande zu tun, kaum erlaubt. Anders, wenn man z. B. in einem lichtstarken Opernglase ein der Sichtbarkeitsgrenze nahes Objekt dieser Art sähe. Plausibler ist natürlich auch hier die Annahme, dafs der Komet schon früher in einem schwächeren Stadium mit stärkeren Instrumenten aufgespürt ist. Aber eine durch Verspätung hinfällige Anzeige ist nicht so schlimm wie der soeben aus neuester Zeit mitgeteilte Fall. Natürlich hat man sich erst zu vergewissern, ob nicht ein Nebelfleck vorliegt; das in *Messers* Atlas gegebene Verzeichnis dieser Gebilde kann dabei gute Dienste leisten. Ist das Objekt kein Sternhaufen oder Nebel, so ist es eben ein Komet und wird vermutlich, wenn es überhaupt für ein Opernglas hell genug ist, schon nach einer Stunde eine Verschiebung zeigen; der Ort ist durch Anschlufs an beobachtete Sterne scharf festzulegen; im Atlas fehlende Sterne kann man durch geeignetes Alignement nachtragen; der Ort des hellsten Punktes des Kometen ist hiernach zu ermitteln. Man hätte nun nach dem vorgeschriebenen Schema zu telegraphieren, und zwar unter der Adresse „Astronom [1]), Zentralstelle, Kiel". Das gleich zu erklärende Schema gilt für den Verkehr der europäischen Sternwarten, „einschliefslich Taschkent und Algier" mit Kiel. In Asien oder Afrika wird man vielleicht der Kosten wegen lieber an die nächstgelegene Sternwarte telegraphieren und ihr die Weiterbeförderung, wenn sie solche für gut hält, überlassen.

Das Schema wird am besten an einem Beispiel [2]) erklärt.

Comète Borrelly 23 095 juillet 12 500, *Marseille* 04 050 07 809 36 016 35 712 29 182, *noyau petite queue.* — *Loewy.*	Ein Komet, Gröfse 9,5, wurde entdeckt von *Borrelly*: Juli 23^d 12^h 50^m mittlerer Zeit Marseille; Rektaszension $= 40° 50'$, Nordpolardistanz $= 78° 9'$; tägliche Bewegung in Rektaszension $+ 0° 16'$, in Nordpolardistanz $- 2° 48'$. — Kern, kleiner Schweif. — Von *Loewy* gemeldet.

[1]) Nicht „Sternwarte".
[2]) Das Beispiel ist der amtlichen Anweisung vom April 1901 entlehnt, ebenso die Erklärung.

Es sind also folgende Angaben zu machen:

a) Objekt, Entdecker eventuell mit Angabe des Beobachtungsortes, wenn der letztere nicht mit dem unter e) angegebenen Meridian übereinstimmt. — b) Gruppe von fünf Ziffern. Die beiden ersten Stellen geben den Monatstag (23), von Mittag zu Mittag gerechnet[2]), in Ziffern, die drei letzten die Helligkeit des Kometen, ausgedrückt in Zehntelgröfsenklassen (09,5). Will der Absender keine Helligkeit angeben, so sind diese Stellen durch Nullen auszufüllen. — c) Angabe des Monats der Entdeckung. — d) Gruppe von fünf Ziffern für die Zeit der Beobachtung in Stunden, Minuten und Zehntelminuten ($12^h\,50^m,0$). Ähnlich würde 09468 bedeuten: $9^h\,46,8^m$. Auch hier ist die astronomische Stundenzählung zu beachten. Hat man zwei Beobachtungen, die 1^h auseinanderliegen, so nimmt man für Zeit und Kometenort das Mittel. Rohere Zeitangaben sind wieder durch Nullen zu machen: $13\,000 = 1^h$ nach Mitternacht. — e) Angabe des Meridians (Marseille), auf den sich d) bezieht. — f) Gruppe von fünf Ziffern für Rektaszension in Graden und Minuten. Da die Grade hier bis 360 gehen, war 40^0 durch 040 auszudrücken. Man beachte ferner, dafs z. B. *Messer* die Rektaszension in Zeitmafs angibt; sie ist also umzurechnen nach dem bekannten Verhältnis: $1^h = 15^0$; $1^m = 15'$. Da ferner das Schema mit augenblicklicher „scheinbarer“ Rektaszension rechnet, die man aber nur auf Sternwarten gut feststellen kann, wäre in unserm Falle am Schlusse der Bemerkungen zu melden: Sternatlas *Messer* oder Äquinoctium 1880. — g) Gruppe von fünf Ziffern für Nordpolardistanz in Graden und Minuten. Dieser bis 180^0 zählende Winkel (daher die erste Null) hängt mit der Deklination durch die Gleichung $NPD = 90^0 - \delta$ zusammen; für $\delta = -20^0$ ist also $NPD = 110^0$. Der Atlas gibt Deklinationen, was zu beachten ist. — h) Bleibt in unserm Falle und auch bei dem obigen Beispiel weg. — i) Tägliche Bewegung nach Rektaszension in Graden und Minuten, vermehrt um $360^0 00'$. — k) Desgleichen für die Nordpolardistanz (nicht Deklination) $+ 360^0$. Im vorliegenden Falle änderte sich *NPD* täglich um $-2^0 48'$, d. h. der Komet kam in 24^h um $2^0 48'$ weiter nach Norden; er ist $360^0\,00' - 2^0\,48' = 357^0\,12'$; wie man sieht, wird durch die Addition von 360^0 sowie durch Ein-

[1]) Diese Übereinstimmung gilt für das Beispiel und wird sich auch bei Reisemeldungen weiter durchführen lassen.

[2]) Auf Reisen besonders zu bedenken, da auch auf See meistens bürgerlich gezählt wird. Es ist Donnerstag 4^h *a. m.* bürgerlich = Mittwoch 16^h astronomisch.

führung der *NPD* statt der Deklination das Minuszeichen vermieden. Kann man die Bewegung feststellen, so ist sie natürlich auf 24^h umzurechnen, z. B. — 2,3′ · 24 = — 55,2′. Kann man sie nur roh angeben, so wird etwa gemeldet: „Bewegung nordöstlich" (also *NPD* abnehmend, *RA* wachsend) oder „Bewegung südwestlich" (umgekehrt); nötigenfalls „Bewegung unbekannt" oder gar nichts. — l) Die letzte Zahl, hier 29182, ist, wie man leicht sieht, die Summe aller vorhergehenden mit Weglassung der vollen Hunderttausende, sie ist Kontrollzahl. — m) Bemerkungen über den Schweif und die Helligkeit, falls diese unter b) durch Nullen ausgefüllt ist; nötigenfalls Angabe über Äquinoctium oder Atlas, sie oben. Die hier etwa auftretenden Zahlen rechnen, weil nicht fünfstellig, bei der Bildung der Kontrollzahl nicht mit. — Dafs eine fünfziffrige Zahl als ein Telegrammwort zählt, ist bekannt. In Amerika besteht ein eigener Schlüssel für wissenschaftliche Telegramme; für vorkommende Fälle wird man sich ihn durch das *Harvard College Observatory, Cambridge Mass.*, verschaffen können.

Da die Geschichte der Kometen reich an Überraschungen ist, sollte man ferner auch mit bescheidenen optischen Hilfsmitteln jeden Schweifstern nach Ort und Aussehen gut überwachen, weil immerhin eine interessante Einzelheit den Astronomen entgehen kann. So bezüglich der vom Kern ausgehenden Strahlen, der ersten Stadien einer Teilung, der Sichtbarkeit von Fixsternen durch die Kometenmaterie hindurch usw. Das letztere Phänomen kann nach der *Argelander*schen Methode (siehe unten bei den veränderlichen Sternen) beobachtet werden, auch die Helligkeit des Kometen selbst, wenn er für freie Augen oder im Opernglase nicht als gröfsere Fläche erscheint. Solche Aufzeichnungen brauchen natürlich nicht telegraphiert zu werden, es genügt die gelegentliche briefliche Mitteilung einer Abschrift.

Die mit den Kometen eng zusammenhängenden Sternschnuppen und Feuerkugeln stellen das allerleichteste Objekt für brauchbare wissenschaftliche Beobachtungen dar. Ein solches Meteor — um mit diesem manchmal nur für die helleren gebrauchten Ausdrucke im Anschlusse an *Heis* das ganze Phänomen zu umfassen — stellt einen kosmischen Körper dar, welcher, in die Erdatmosphäre eingedrungen, hier seine gewaltige Bewegungsenergie in Licht und Wärme umsetzt und dabei der Regel nach vollkommen verbrennt. Was wir aufzeichnen können, ist in erster Linie die Bahn, die sich auf den Fixsternhimmel projiziert. Hat man an zwei benach-

barten Orten dasselbe Meteor gesehen, so stellt sich eine mehr oder weniger grofse Parallaxe heraus, weil die Sterne als unendlich fern anzusehen sind, während das Meteor nicht leicht in gröfserer Höhe als 300 *km* aufgeleuchtet und manchmal in weit geringerer als 100 *km* erloschen ist. Zum Eintragen der Flugbahnen haben wieder die *Rohrbach*schen Karten zu dienen. Dafs sie kein die Augen beeinflussendes Gradnetz enthalten, ist ein besonderer Vorteil; es ist leicht, eine Karte so zu richten, dafs sie genau den Anblick eines Gebietes des gestirnten Himmels wiedergibt, und nun die Bahn so einzutragen, wie sie scheinbar am Himmel durchlaufen ist. Die genauere Feststellung des Endpunktes und namentlich des Anfangspunktes ist nicht leicht; schärfer erhält man die Richtung der Flugbahn, oder, räumlich betrachtet, die durch das Auge und die wahre Bahn gelegte Ebene. Denn nach der zutreffenden Bemerkung von *Heis* mufs es einem an die Betrachtung geometrischer Figuren gewöhnten Auge leicht sein, die Richtung, in welcher bekannte Sterngruppen (der Orion, der Schwan, das Viereck des grofsen Bären oder das des Pegasus) von der Bahn geschnitten werden, zu bestimmen[1]). Diese trägt man in die Karte ein, mit einer Pfeilspitze, die den Bewegungssinn angibt, sowie mit einer Nummer, die auf die Notizen im Beobachtungsbuche verweist.

Als Beispiel für die Art der Notierung diene der nebenstehende Ausschnitt aus des Verfassers zweitem Verzeichnis von Meteorbahnen. Die erste Spalte enthält die laufende Nummer, die zweite die Zeit. Ob Orts- oder Einheitszeit gewählt wird, ist an sich Nebensache, es mufs aber gesagt werden. Bei gemeinsamen Beobachtungen wird man meistens die Sekunde angeben können; im vorliegenden Falle sind, weil der Uhrstand nicht ganz sicher zu ermitteln war, halbe Minuten angesetzt. Die beiden folgenden Spalten geben die Rektaszension (15°; 352° beim ersten Beispiel) und Deklination (57°; 51,5°, beides nördlich wegen des Pluszeichens) für den Anfangs- und Endpunkt der Bahn, die hiernach scheinbar durch das Sternbild der Cassiopeia geführt hat. Diese beiden Spalten bleiben während der Beobachtungen leer; sie werden später im Arbeitszimmer mit Hilfe der Karten ausgefüllt. Wie früher bemerkt, gehören zu den *Rohrbach*schen Karten durchsichtige Gradnetze, die man behufs Ablesens der Zahlen auf-

---

[1]) Diese Erwägung spricht gegen den Gebrauch von sogenannten Meteoroskopen, azimutalen Ablesungsinstrumenten für Anfangs- und Endpunkte, die übrigens auf Reisen auch schlecht mitzunehmen wären.

Warendorf 1890, August 9.

Nr.	Ortszeit	Anfang	Ende	Größe	Schweif	Farbe	Bemerkungen
670	9h 15m	15° + 57°	352 + 51.5	2	S	bläulich	Br.
671	9 37.5	264 + 58	34 + 46	F	0	grün[1])	F., Br., Pl. — [1]) In rote Funken zerspringende Feuerkugel, langs.
672	9 45	2.5 + 58	341 + 52.5	2	0	bläulich	Br.
673	9 46	36 + 61	24 + 51	1	0	weiſs	Br., Pl.
674	9 47	4 + 61.5	332.5 + 62	3	S	bläulich	Br. — Sehr schnell.
675	9 48.5	20.5 + 42.5	8.5 + 34	2	S	bläulich	Br.
676	9 53.5	359.5 + 18	348 + 16	5	S	weiſs	Br., Pl. — Schnell.
677	9 55	139 + 69.5	155 + 53.5	4	0	bläulich	F. — Ziemlich schnell.
678	9 56.5	24 + 65	10 + 72.5	2	S	bläulich	F., Br. — Langsam, S. anhaltend.
679	10 1.5	28 + 44.5	15.5 + 32	♀	S	weiſs	Br.
680	10 2.5	350 + 15	343 + 3.5	5	0	bläulich	Br. — Langsam.
681	10 4	200 + 60	208 + 50	4	S	bläulich	F. — Ziemlich schnell, schwacher S.
682	10 9	151 + 77	155 + 67.5	5	S	bläulich	F. — Mäſsig schnell, kleiner S.
683	10 13.5	358 + 66.5	315 + 65	2	S	weiſs	Br. — Sehr schnell.
684	10 22	265 + 27	257.5 + 6	♃	S	?	Pl. — S. dauert 2s. — 1890.0.
685	10 22	354 + 61.5	32 + 64.5	5	0	blau	Br. — Schnell.
686	10 24.5	359 + 56	11.5 + 54.5	2	0	bläulich	Br. — Sehr kurz.
687	10 27	335.5 + 51	326 + 39	3	0	gelblich	Ht.
688	10 28.5	9 + 62.5	338 + 58.5	1	S	gelblich	Br.
689	10 34	7.5 + 21	357 + 2.5	♀	S	?	Br., L., Pl. — Farbe verschieden angegeben, S. dauert 2s.

legt. Der Reisende bedarf ihrer nicht, und sie wären bei ihrer Gröfse und Zerbrechlichkeit auch eine lästige Mitgabe. Es genüge ihm, die Karten nebst einem Auszug aus dem Beobachtungsbuche an geeigneten Stellen abzuliefern. Die folgende Spalte „Gröfse" ist der Helligkeit des Meteors gewidmet, die in den bekannten Sterngröfsen ausgedrückt wird. Die schwächsten, dem freien Auge erscheinenden erhalten die 5. Gröfse[1]); dann steigt die Gröfse auf wie folgt:

5 4 3 2 1 ♃ ♀ *F*

Meteore nämlich, die wesentlich heller als Sirius sind, erhalten das Zeichen ♃ = Jupiter; solche die den bekannten Glanz dieses Planeten übertreffen, werden mit ♀ = Venus bezeichnet. Sind sie noch heller als Venus im gröfsten Glanze, so setzt man das Zeichen *F* = Feuerkugel. Wie die letzte Spalte zeigt, ist bei den Feuerkugeln gewöhnlich der eine oder andre Nebenumstand der Aufzeichnung wert. Die hellsten Feuerkugeln beleuchten deutlich irdische Gegenstände, besonders weifse Mauern, und darum werden sie von Unkundigen manchmal für näher gehalten als sie sind. Es folgt die Spalte über die Schweifbildung, die zutreffendenfalls durch *S* ausgefüllt wird. Aufser der hellen Linie im Gesichtsfelde, wie sie infolge der Nachwirkung des Lichteindruckes im Auge z. B. auch eine geschwungene glühende Kohle zeigt, gibt es wirkliche Rückstände, die auf der durchlaufenen Bahn fortleuchten, manchmal erhebliche Bruchteile der Minute hindurch. Sie zeigen Farbenwechsel, besonders von Weifs über Gelb nach Rot, Absplittern einzelner Teile, perlschnurartiges Gefüge, manchmal auch Krümmungen und fortschreitende Bewegungen. Diese Vorgänge, die sich im Opernglase, bei schneller Handhabung selbst im Kometensucher verfolgen lassen, sind besonders wichtig für unsre Kenntnis von den Bewegungen der obersten Luftschichten. Auch die Dauer des Nachleuchtens ist, gleich der Dauer der Sichtbarkeit des Meteors selbst, von Interesse. Bei systematischen Beobachtungen, z. B. der Leoniden und Perseiden, wo man so wie so einen Tisch braucht, ist es in Ermangelung eines laut tickenden Marine-Chronometers praktisch, eine der gewöhnlichen wohlfeilen Weckuhren aufzustellen, natürlich nur für diese Differenzbeobachtungen. Die Uhren haben meistens den Takt von

---

[1]) Noch schwächere ziehen oft durch das Gesichtsfeld eines kleinen Fernrohrs; man kann gelegentlich der Beobachtung veränderlicher Sterne viele Meteore im Feldstecher beobachten und manchmal die Bahnrichtung, wenn auch nicht die Endpunkte, genau festlegen.

0,6 Sekunden, und es wird nicht schwer sein, während man ein aufgeleuchtetes Meteor und dessen Schweifspur mit dem Auge verfolgt, die Sichtbarkeitsdauer ungefähr herauszuhören.

Wie bei den Notizen über Gröfse und Schweif, so ist auch bei den auf die Farbe des Meteors bezüglichen eine gewisse Willkür nicht zu vermeiden. Immerhin ist eine leidlich verbürgte Angabe von Wert, bei korrespondierenden Beobachtungen für die Feststellung der Identität, bei längeren Reihen für statistische Zwecke. — Die Abkürzungen in der letzten Spalte beziehen sich auf die Namen der Beobachter; ferner ist, wenn die Karten nicht die üblichen [1]) waren, die Jahreszahl, für welche das Gradnetz derselben galt, angegeben. — Weicht eine Meteorbahn vom gröfsten Kreise ab, so schliefst sie sich doch meistens einem kleinen Kugelkreise an; man verzeichnet in diesem Falle aufser Anfangs- und Endpunkt einen dritten, etwa auf der Mitte der Bahn gelegenen Punkt. Geschlängelte und intermittierende Meteore sind besonders hervorzuheben.

Die meisten Meteore gehören bestimmten Schwärmen an, die gewöhnlich in den Bahnen bekannter Kometen einherziehen. Die Begegnung der Erde mit einem solchen Schwarm bewirkt, dafs dessen Bestandteile in parallelen Bahnen durch die Atmosphäre fahren, wobei die Geschwindigkeit und Richtung nach dem Satz vom Parallelogramm der Bewegungen aus dem eigenen Laufe des Schwarmes und aus der entgegengesetzt zu rechnenden Bewegung der Erde, deren Anziehung übrigens auch noch in Betracht kommt, sich zusammensetzt. Die Perspektive verwandelt dieses Bündel von parallelen in eins von konvergenten Linien, und der Konvergenzpunkt ist der unendliche ferne Punkt der Parallelen, der also mit einem Stern zusammenfällt oder einem solchen sphärisch naheliegt. Bei Polarbanden und Nordlichtstrahlen findet ja ein ähnliches scheinbares Konvergieren statt. In unserm Falle wird der Punkt als Radiationspunkt oder Radiant bezeichnet, und je nach seiner Lage unter den Sternen nennt man die zu gewissen Jahreszeiten auftretenden Meteore Perseiden, Leoniden, Lyriden, Andromediden usw. Besonders reich an Meteoren ist die erste Hälfte des Augustmonats, in welcher aufser dem Hauptradianten im Perseus zahlreiche andre tätig sind. Der Schwarm, der die Erde in dieser Zeit, hauptsächlich vom 7.—12. kreuzt, scheint alljährlich in gleicher Stärke vorhanden zu sein, so dafs wohl anzunehmen ist, dafs

[1]) Damals noch nicht die von *Rohrbach*, sondern ältere von *Heis*.

hier eine Verstreuung der Masse über die ganze elliptische Bahn vorliegt. Ist dagegen die meteorische Masse auf einer Stelle angehäuft, so wird dieses Maximum die Sonne umkreisen und der Erde nicht alljährlich, sondern nur in gewissen Fällen begegnen. Dieser Fall scheint bei den Leoniden vorgelegen zu haben, die in den Jahren 1799, 1833 und 1866 hohe Maxima aufwiesen, welche das gewöhnliche Perseidenphänomen weit hinter sich liefsen. In sonstigen Jahren sind die Leoniden recht schwach. Merkwürdigerweise sind sie bei ihrer erwarteten Wiederkunft zu Ende des 19. Jahrhunderts ausgeblieben oder doch mit erheblicher Verspätung und starker Verminderung aufgetreten; vermutlich waren sie in der Zwischenzeit durch gröfsere Planeten gestört worden. Übrigens sind Überraschungen auf diesem Gebiete nicht ausgeschlossen.

Folgende Zeiten des Jahres sind überhaupt durch eine gröfsere Anzahl von Meteoren ausgezeichnet. Januar 1—3, Radianten in der Gegend des Perseus und des Grofsen Bären. — April 18—23: Jungfrau, Grofser Bär. — Juli 25—28: Eidechse, Schwan. — August 1—15: zahlreiche Radianten in verschiedenen Gegenden, besonders stark tätig einer im Perseus. — Oktober 18—24: Cassiopeia, Perseus, Schwan. — November 11—17: Löwe. — November 25—30: Andromeda. — Dezember 8—11: Cassiopeia, Perseus, Luchs.

Dieses Verzeichnis ist sehr unvollständig, namentlich was die Südhalbkugel angeht[1]). Einesteils aus Raummangel, andernteils um das Urteil des Lesers nicht zu befangen, geben wir nicht mehr an. — Es wäre hier wie auf allen Gebieten der Himmelsbeobachtung ein grofser Fehler, die Eintragungen nach vorgefafster Meinung zu vollziehen. Es ist gar nicht nötig, dafs z. B. alle Perseiden eines Abends streng durch einen Punkt gehen. Man redete besser von Radiationsfeldern als von Punkten; diese können nur als Zentren mehr oder weniger ausgedehnter Flächen angesehen werden.

Dafs der Radiant mit den Sternen auf- und untergeht, ist ein sicherer Beweis für die kosmische Natur der Sternschnuppen. Je höher er steigt, desto glanzvoller wird die Erscheinung.

Der Mond stört zwar alle Phänomen dieser Art, kann aber z. B. die Perseiden nicht gänzlich auslöschen.

Gelegentliche Meteorbeobachtungen kann jeder machen, der sich überhaupt mit dem gestirnten Himmel beschäftigt. Be-

---

[1]) Andauernde Beobachtung auch der einzelnen kann hier noch vieles leisten, auch bezüglich der südlichen Radianten, für die ältere Bestimmungen von *Neumayer* vorliegen.

ziehen sie sich auf aufsergewöhnlich helle Feuerkugeln, dann ist eine Bahnbestimmung sehr wichtig. Man suche darum auch Beobachtungen, die an andern Orten gemacht sind, zu sammeln. Ungeschulte beziehen die Bahnen gewöhnlich auf die Himmelsgegenden, stellen sich auch die Gröfse und Nähe eines Meteors unrichtig vor. Ist eine Feuerkugel in der Dämmerung oder bei Tage gesehen worden, so gibt es, wenn nur die Zeit genau feststeht, ein einfaches Mittel, die Wahrnehmungen selbst ungebildeter, aber mit offenen Augen begabter Leute zu verwerten. Sie werden meistens nach ihrer Erinnerung die Bahn noch recht gut auf irdische Objekte, wie Häuser, Schornsteine, Bäume, Berge beziehen können. Begibt man sich dann nach dem Verhör, aber zu einer Zeit, wo die Sterne schon sichtbar sind, an die Stätte, wo das Meteor wahrgenommen ist, so kann man eine Bahn in die Karte eintragen, die ein Meteor beschreiben würde, das jetzt in bezug auf irdische Gegenstände denselben Weg wie das tatsächlich gesehene beschriebe; die abgelesenen Punkte sind dann offenbar in der Rektaszension um den Zeitunterschied (Sternzeit!) zu verbessern; die Deklinationen stimmen. — Man frage auch über die physikalischen Kennzeichen des Meteors, über den Zeitpunkt einer etwaigen Detonation usw.[1]).

Zu gemeinsamen Beobachtungen eignen sich die Zeiten des Auftretens gröfserer Schwärme, besonders des Augustschwarmes. Während des Dunkelwerdens orientiere man sich und verteile hiernach die *Rohrbach*-Karten an die Mitbeobachter. Je mehr ihrer sind, desto besser, wenn nur bei allen der nötige Ernst und eine gewisse Subordination vorauszusetzen ist. Wenn je einer eine Haupthimmelsgegend, ein fünfter das Zenit (vom Klappstuhl aus) verwahrt und ein sechster die Schriftführung und die Aufsicht über die Uhr hat, kann man ohne übermäfsige Anstrengung leicht über 100 Eintragungen in wenigen Stunden machen. Jede Karte ist mit Datum und Namen zu versehen.

---

[1]) Das Herabstürzen eines Meteorsteins ist ja für einen gegebenen Ort ein seltenes Ereignis; es versteht sich, dafs, wenn eine sehr laute Detonation wahrgenommen ist, Nachforschungen anzustellen sind. Schleimige, gequollene Massen, die das Volk für meteorische Rückstände (Sterngallert) zu halten pflegt, sind organische Gebilde, nämlich Algen (*Nostoc*) oder von Raubvögeln ausgeworfene tierische Eingeweide (Eileiter von Fröschen u. a.). — Ein Meteorstein ist natürlich, unter schärfster Identifizierung des Fundortes, die auch sonst bei Meteorbeobachtungen nötig ist, sorgfältig aufzuheben und später einem wissenschaftlichen Institut (Sternwarte oder Mineralienkabinett) einzusenden.

Korrespondierende Beobachtungen an benachbarten Orten vermehren nicht nur das zur Bestimmung der Radianten brauchbare Material, sondern liefern auch die Grundlage für Höhenbestimmungen. Sind die geographischen Positionen zweier Punkte nicht sehr genau (mit Hilfe von Meſstischblättern u. a. Karten) zu ermitteln, dann sollte wenigstens die relative Lage, d. h. der Abstand und das Azimut des einen Ortes vom andern aus möglichst scharf ermittelt werden. Für diese kommen die bekannten Orientierungsmittel, wie Fahnen, Bäume, deren Stellung zu bestimmter Zeit auf die Sonne bezogen wird, in Betracht; für den Abstand der Schrittzähler, dessen Angaben allerdings vor- oder nachher durch Anschluſs an bekannte Strecken (numerierte Chausseen) zu prüfen sind. Wie man sieht, denken wir uns die Orte nur wenig, vielleicht nur ein paar Kilometer voneinander abstehend. Gerade solch kleine Abstände, vielleicht von 2 bis zu 5 Kilometern, sind aus mehreren Gründen zu empfehlen, obschon ja die Parallaxe der Flugbahnen nicht so erheblich wird wie bei gröſseren Abständen. Einmal sind die obigen beiden Messungen dann leichter zu machen, wenigstens wenn man keine eingehenden Karten hat. Zweitens sind die beiden Gruppen einander nahe; auf Reisen in abgelegenen Gebieten ist das ja auch sonst wichtig, und jedenfalls erleichtert es die fortlaufende telephonische Verständigung, die in Wüsten oder Heiden und am Meeresstrande überhaupt leichter als in Kulturländern durchzuführen ist. Sie ermöglicht eine gegenseitige Kontrolle der benutzten Uhren, die übrigens im Notfall auch mit Hilfe der gleichzeitig beobachteten hellsten Meteore (♃, ♀, *F*) zu vollziehen ist. Endlich ist zu bedenken, daſs nach *Heis* schon bei relativ geringen Abständen (z. B. 30 *km*) die Zahl der identischen Meteore sehr gering wird. Der kleinste Abstand zweier Stationen, die in dem groſsen Kataloge von *Heis* vorkommen, betrug 12 *km*. Man muſs entschieden viel weiter herabgehen, um ein Urteil über die geringsten Höhen des Aufleuchtens und Erlöschens zu gewinnen.

Der auf sich allein angewiesene Beobachter wird bei mäſsiger Intensität des Schwarmes (wie im Januar, April, Oktober) immerhin eine Reihe von Eintragungen machen können. Bei lebhafteren Phänomenen, wenn z. B. während mehrerer Minuten mehr als ein Meteor auf die Minute kommt, beschränke sich der einzelne auf Zählungen, bei denen Gröſse und Schweifbildung angegeben wird. Ist die Aussicht beschränkt und z. B. von viereckigem Umriſs, so kann man

ihre Grenzen ungefähr angeben durch Nennung der in den vier Ecken gleichzeitig (wann?) sichtbaren Sterne. — Über korrespondierende photographische Beobachtungen von Meteoren kann hier nicht geredet werden. Wer über eine gute Kamera verfügt, wird in der Literatur, auch durch Nachfrage etwa bei Herrn *Dr. Pulfrich* in Jena oder Herrn Landesrat *Dr. Kostersitz* in Wien, das Nötige erfahren können. Auch gelegentliche Meteorphotogramme sind wichtig wegen ihrer objektiven Darstellung der Bahn. Man sende mindestens ein Papierbild mit den nötigen Erläuterungen an eine Sternwarte.

Hier wie auf andern Gebieten haben wir uns mit Anweisungen für die Beobachtung begnügen müssen, da Vorschriften z. B. für die Berechnung der Höhen von korrespondierenden Sternschnuppen aufserhalb der uns hier gesteckten Grenzen liegen. Ähnliches gilt von einer hier kurz zu besprechenden Erscheinung, die mit den Kometen und Meteoren eng zusammenhängt.

Wie das Weltall, oder doch die Weltinsel, der wir angehören, eine Hauptebene, nämlich die der Milchstrafse, besitzt, so hat auch das kleine Sonnensystem seine Hauptebene, welche nicht sehr von der Äquatorebene des Zentralkörpers verschieden sein dürfte. Die Bahnebenen der gröfseren Hauptplaneten, und so auch die Ebene der Erdbahn, bilden mit ihr nur geringe Winkel. Meteorische Massen, die von der Sonne bestrahlt werden, häufen sich in der Nähe dieser Ebene an. In der Nachbarschaft eines mächtigen Planeten, auf den sie in grofser Zahl hinströmen, werden sie besonders dessen Bahnebene aufsuchen. Diese Massen sind, wie die Meteore überhaupt, in beständiger Bewegung. So bildet sich z. B. um die Erde, den gröfsten unter den sonnennäheren Planeten, eine Art von äufserst zartem Kometenschweif. Die Ähnlichkeit mit einem solchen Gebilde geht noch weiter. Nach der Sonne zu wird nämlich, infolge einer Art von Flutwirkung, ein stärkeres Wegströmen von der Erde stattfinden; aber auch auf der Nachtseite, eine Art von Nadirflut. Hier kommt noch hinzu, dafs im Abstande von etwa $1^1/_2$ Millionen Kilometern von der Erde auf der der Sonne entgegengesetzten Seite sich ein Punkt befindet, wo, nach dem von Prof. *Gyldén* gelieferten Nachweise, sich die Massen wieder vorzugsweise anhäufen, indem sie um diesen Punkt längere Zeit ihre Bahnen ziehen. Diese Anhäufung wird nicht durch die Erde beschattet, da die Spitze des Schattenkegels bereits 113 000 *km* diesseits jenes kritischen Gebietes liegt.

Wir haben vermutlich hier die Erklärung für die drei wichtigsten Teile des Zodiakallichtes oder Tierkreislichtes, nämlich 1. ein allgemeines, schwaches, verschwommenes Leuchten im Gebiete der Erdbahn, d. h., auf den Himmel projiziert, im ganzen Tierkreise; 2. einen viel stärkeren Glanz zu beiden Seiten der Sonne, der wenigstens in seinen beiderseitigen Enden, wo der atmosphärische Vordergrund nicht mehr beleuchtet ist, unsern Augen als Lichtpyramide sich darstellt; 3. ein schwächeres Maximum am Gegenpunkte der Sonne, z. B. in den Zwillingen, wenn diese im Schützen steht: den von *Brorsen* entdeckten Gegenschein. Vergl. noch S. 717.

Die Pyramide, deren Achse der Ekliptik naheliegt, ist desto besser sichtbar, je steiler die Ekliptik zum Horizonte steht. Diese Stellung beeinflufst ja z. B. auch die Sichtbarkeit des Merkur. Es ergibt sich daraus, dafs auf der Nordhalbkugel die Pyramide abends vom Januar bis zum März, morgens vom August bis zum Oktober am besten sichtbar ist; ferner, dafs in den Tropen, wo die Neigung der Ekliptik immer grofs ist, die besten Bedingungen für die Sichtbarkeit beider Pyramiden vorliegen, der einen vor Beginn der Morgendämmerung, der andern nach Schlufs der Abenddämmerung. Der Mond stört das Phänomen; er tilgt es gänzlich, wenn es nach der einen oder andern Seite mehr als etwa 3½ Tage von der Konjunktion mit der Sonne absteht. Ferner stört die Milchstrafse, besonders im April, auch schon im März. Vom Luftzustande hängt das Tierkreislicht natürlich auch ab, und auch hier sind wieder die Tropen begünstigt. Von Breite zu Breite ist es, wie *Bayldon* auf Seefahrten zwischen $+ 40^0$ und $- 40^0$ feststellte, auch an sich wechselnd, abgesehen von den äufseren Umständen.

Um das Tierkreislicht allererst kennen zu lernen, wird man am besten im Januar etwa 1^h nach Sonnenuntergang eine Stelle aufsuchen, wo der Westhimmel nicht von künstlichen Lichtquellen erhellt ist. Man versuche dann den Verlauf unter den Sternen zu ermitteln und in eine *Rohrbach*-Karte einzutragen. Sind die Ränder lichtschwächer als das Innere, so kann man nach dem Vorgange von *Eylert* und *Weber* auch wohl zwei Begrenzungen ziehen. Setzt man die Beobachtungen in den nächsten Tagen fort, dann sollte man zunächst nicht dasselbe Exemplar der Karte benutzen, sondern vielleicht erst wieder nach zehn Tagen. Sonst möchte die ältere Zeichnung die jüngere beeinflussen. In zehn Tagen dagegen hat sich die Spitze schon 10^0 weiterbewegt, und auch die Grenzen sind merklich verschoben. Ort und Datum sind

bei den Umrissen nicht zu vergessen, etwa zur Orientierung mitbenutzte Planeten sind vorher nach der Ephemeride einzutragen. Den Luftzustand schätze man (vergl. S. 682—683) nach der Milchstrafse ab. Ist man mit der Pyramide erst bekannt, dann wird man auch den allgemeinen Schimmer (1) und den Gegenschein (3) unter günstigen Umständen auffinden können. Der nördlichste Punkt der Ekliptik wird am 21. Juni von der Sonne erreicht, der südlichste am 21. Dezember. An jenem Tage kommt in südlichen, an diesem in nördlichen Breiten der Gegenpunkt und mit ihm der Gegenschein am höchsten; relativ gut ist auf der Südhalbkugel das ganze Vierteljahr um Johanni, auf der Nordhalbkugel das ganze Vierteljahr um Weihnachten. Da beide Punkte dem Durchschnitt mit der Achse der Milchstrafse naheliegen, treten vielleicht die Zeiten der besten Sichtbarkeit etwas vor und besonders etwas nach den Solstitien ein. In den Tropen kommt der Gegenschein das ganze Jahr hindurch recht hoch; in den kalten Zonen mufs man auf den Anblick des Tierkreislichtes verzichten.

Da für weitere Notizen hier kein Raum ist, solche auch vielleicht befangend wirken möchten, geben wir mit dem dringenden Rate, namentlich auf See und in der Wüste sowie überhaupt in niederen Breiten recht oft das Tierkreislicht zu zeichnen, dem Leser nur noch ein einfaches Hilfsmittel zur leichteren Beobachtung an die Hand. „Mit grofsem Erfolge habe ich mich sowohl zur scharfen Erkennung des Verlaufes der Milchstrafse in ihren schwächsten Partien und zur Festsetzung der Grenzen als auch des Zodiakallichtes eines innen geschwärzten Zylinders aus Pappe von etwa 30 *cm* Durchmesser und Länge bedient, durch welchen hindurch ich den zu erforschenden Teil des Himmels beobachtete. Durch einen solchen das Gesicht umschliefsenden Zylinder werden alle seitlich störenden Einflüsse eines fremden Lichtes abgehalten" (*Heis*, Zodiakallichtbeobachtungen. Münster 1875). In fertigem Zustande wäre ein solches Gerät ein lästiges Sperrgut; da man aber auf gröfseren Reisen Packpapier und schwarzes Zeug zur Hand hat, läfst es sich leicht improvisieren.

Wer den Verlauf der Milchstrafse zeichnen will, kommt mit den *Rohrbach*-Karten nicht aus, mufs vielmehr ein Exemplar des *Messer*schen Atlas hierfür opfern oder die eigenen grofsen Einzeichnungskarten von *Dr. Easton* in Rotterdam erbitten. Man kommt mit einem Exemplar aus, weil sich der Anblick der Milchstrafse im Laufe eines Menschenlebens kaum ändern wird. Man versuche, nach dem Vorgange von *Heis*,

Easton, *Boeddicker* und *Houzeau*, mehrere Nuancen zu unterscheiden. Durch Sternketten, wie man sie vielfach findet, darf man sich nicht beirren lassen; auch mufs das Gebilde am Fixsternhimmel sorgfältig vom Zodiakallicht unterschieden werden. Für beides darf man nur mit einem schwachen Lämpchen arbeiten. Da die Milchstrafsenzeichnungen der genannten Astronomen noch grofse Unterschiede aufweisen, ist eine Wiederholung der Arbeit sehr nützlich. Mindestens kommt dabei für die Psychophysik und physiologische Optik etwas heraus. Man arbeite selbständig, sehe sich also die älteren Darstellungen wenigstens nicht gerade vor der Beobachtung an. — Ob die Kapwolken des Südhimmels (*Nubecula major*, *N. minor*) der Milchstrafse zuzurechnen sind, ist fraglich. In der Zeichnung sind sie jedenfalls zu berücksichtigen. Wann die einzelnen galaktischen Gebiete am höchsten kommen, ist an der drehbaren Sternkarte leicht festzustellen. — Gute Augen werden natürlich erfordert.

Ein Forschungsgebiet gibt es dagegen, wo auch der Kurzsichtige, wenn er nur irgendwie ein Auge für Intensitätsunterschiede hat, durch fleifsige Mitarbeit Grofses leisten kann. Die einzigen Erfordernisse sind: eine brauchbare Taschenuhr, ein lichtstarker Feldstecher und ein vollständiger Atlas (*Heis*, *Messer*, *Schurig* oder *Klein*; für die Südhalbkugel auch *Behrmann*). Es ist das Gebiet der veränderlichen Sterne.

Wenn ein Stern *a* bei oberflächlicher Betrachtung von seinem Nachbarstern *b* an Helligkeit nicht verschieden zu sein scheint, bei abwechselndem Fixieren der beiden Sterne jedoch, und zwar mit freiem Auge oder besser mit dem Feldstecher (Opernglas, Triëder), sich allmählich ein eben wahrnehmbarer Unterschied zugunsten von *a* herausstellt, dann sagen wir mit *Argelander*, dem Erfinder der Stufenschätzung: *a* ist eine Stufe heller als *b*; und wir schreiben: *a* 1 *b*, während das Umgekehrte durch *b* 1 *a* ausgedrückt wird. Stellt sich sofort und von selbst („*continuo ac prorsus*") ein kleiner Unterschied heraus, so reden wir von zwei Stufen und schreiben *a* 2 *b* oder, je nachdem, *b* 2 *a*. Ein merklicherer Unterschied wird durch *a* 3 *b* angegeben, ein grofser durch *a* 4 *b*, ein auffallender durch *a* 5 *b*. Immer aber suche man Sterne zu vergleichen, die einander in der Helligkeit möglichst nahekommen.

Die angegebenen Definitionen sind nicht so scharf wie etwa die der musikalischen Intervalle. Dennoch, und obgleich es sich hier nicht um Schwingungszahl, sondern um Schwingungsintensität handelt, besteht eine gewisse Analogie. Die grofse Terz ist nicht eine Differenz, sondern ein Verhältnis zwischen

Schwingungszahlen. So entspricht auch z. B. die zweite Stufe des Lichtunterschiedes einem Verhältnisse der Intensitäten, nicht einer Differenz; sie bleibt deshalb bestehen, wenn beide Sterne in demselben Verhältnisse stärker (z. B. durch Betrachtung im Feldstecher) oder in demselben Verhältnisse schwächer (z. B. durch Absorption in den unteren Luftschichten) gemacht werden. Die Betrachtung einer abstufungsreichen Fläche, z. B. eines Stahlstiches im Lichte des Vollmondes oder in dem mehrhunderttausendmal stärkeren Sonnenlichte, zeigt ähnliches. Es hat sich ferner herausgestellt, dafs die Stufenangaben geübter Beobachter wirklichen Gröfsen in der Natur entsprechen, trotz ziemlich weiter Fehlergrenzen. Das meiste, was wir über den Lichtwechsel der Sterne wissen, beruht jedenfalls auf Stufenschätzungen. Die photometrische Stufe ist von der des einzelnen Beobachters meistens ein wenig verschieden; sie wird als der 10. Teil des als Gröfsenklasse bezeichneten Unterschiedes definiert. Wenn ein Stern m genau von der 3., ein andrer, n, genau von der 4. Gröfse ist, so besteht der Übereinkunft zufolge die Gleichung

$$m = n \times 10^{0,4} = n \times 2{,}5119 = n \times x^{10} = n \times (10^{0,04})^{10} = n \times 1{,}0965^{10}.$$

Die Gröfse $10^{0,04} = 1{,}0965$ ist eben das Intensitätsverhältnis der photometrischen Stufe, dem z. B. bei *Argelander* selbst die geschätzte Stufe nahezukommen scheint. Bei andern Beobachtern ist die Stufenweite gröfser oder kleiner.

Wenn ein Fixstern seine Intensität nach irgendeinem Gesetze ändert, so vergleiche man ihn von Abend zu Abend mit je einem helleren und je einem schwächeren Nachbarsterne, die ihm indessen bezüglich der Helligkeit möglichst nahekommen sollen. Sie sind die Vergleichssterne, und ihre genaue Identifizierung, nötigenfalls durch Hinweis auf einen bekannten Atlas, ist sehr wesentlich; die Nomenklatur (x, y, z . . ., wenn nicht schon Buchstaben nach *Bayer* u. a. vorliegen) ist an sich gleichgültig, wenn nur jeder Zweifel ausgeschlossen ist. Einen Vergleichstern sieht man so lange als konstant an, bis die Gesamtheit der Schätzungen selbst diese Annahme widerlegt. Nennen wir jetzt den veränderlichen Stern v, vier konstante Nachbarsterne in absteigender Reihe $a\ b\ c\ d$, so dafs a heller ist als v im Maximum, d schwächer als v im Minimum, dann mögen etwa Beobachtungen im Herbste 1895 ergeben haben:

September	5.	8^h	31^m	$a\,5\,v\,4{,}5\,b$	Ergebnis	21,65
	7.	8	0	$b\,4{,}5\,v\,4{,}5\,c$		13,75
	8.	7	53	$b\,4{,}5\,v\,3\,c;\ v\,7\,d$		12,14
	9.	8	19	$c\,3\,v\,6\,d$		6,55

September 10.	7	55	*c* 4,75 *v* 4,25 *d*	Ergebnis 4,80
11.	8	12	*b* 3 *v* 4 *c*	14,25
15.	8	8	*b* 5 *v* 1 *c*; *v* 6 *d*	10,9
18.	7	50	*b* 3 *v* 3,5 *c*	14,00
20.	8	1	*a* 4,5 *v* 5 *b*	22,15
21.	7	36	*a* 5 *v* 1 *b*; *v* 5,5 *c*	19,29
22.	7	53	*b* 4 *v* 4 *c*	13,75
24.	7	15	*c* 5 *v* 6 *d*	5,55
25.	7	20	*c* 5,5 *v* 6 *d*	5,80
26.	7	15	*a* 5,5 *v* 5,5 *b*	21,90

Die erste Beobachtung ist zu lesen: *a* 5 Stufen heller als *v*; *v* $4\frac{1}{2}$ Stufen heller als *b*. Geübte Beobachter kommen nämlich manchmal zur Angabe von halben Stufen, auch wohl gar von Viertelstufen, die allerdings nicht sehr sicher sind. — Die dritte Beobachtung lese man: *b* 4,5 Stufen heller als *v*; *v* 3 Stufen heller als *c*; *v* 7 Stufen heller als *d*.

Sucht man alle Beobachtungen heraus, wo *v* zwischen *a* und *b* gestellt wurde, so zeigt sich, infolge der zufälligen Fehler, die Differenz $a—b$, gemessen durch *v*, recht schwankend. Bei der ersten Beobachtung ist sie offenbar $5 + 4,5 = 9,5$; später, September 20, wird sie wieder 9,5; im Mittel, wenn auch September 21 und 26 zugezogen werden, ist $a—b = \frac{1}{4}(9,5 + 9,5 + 6 + 11) = 9,0$. Ebenso ergeben die Beobachtungen September 7, 8, 11, 15, 18, 22 das Mittel $b—c = \frac{1}{6}(9 + 7,5 + 7 + 6 + 6,5 + 8) = 7,3$; für $c—d$ erhält man 9 aus der Beobachtung September 9, und im Mittel $c—d = \frac{1}{4}(9 + 9 + 11 + 11,5) = 10,1$. Setzt man $d = 0$, so kommt $c = 10,1$; $b = 10,1 + 7,3 = 17,4$; $a = 17,4 + 9,0 = 26,4$. Das Schema

$$a = 26,4$$
$$b = 17,4$$
$$c = 10,1$$
$$d = 0$$

ist die Skala der Vergleichsterne. Sie müfste übrigens im Ernstfalle aus einem weit umfangreicheren Material abgeleitet werden; die obige Rechnung soll nur als einfaches Beispiel dienen. Wir können jetzt für September 5 sagen: die erste Schätzung *a* 5 *v* ergibt $v = 26,4 — 5 = 21,4$; die zweite *v* 4,5 *b* ergibt $v = 17,4 + 4,5 = 21,9$; im Mittel ist $v = \frac{1}{2}(21,4 + 21,9) = 21,65$. Das ist der Sinn der oben als „Ergebnis“ bezeichneten Zahlen. Auch aus drei Schätzungen (September 8, 15, 21) kann man einen Mittelwert bilden, wird dann aber die gröfste Differenz mit geringerem Gewichte schätzen; so ist September 8 gerechnet worden: $v = \frac{1}{7}(3 \cdot 12,9 + 3 \cdot 13,1 + 1 \cdot 7,0) = \frac{1}{7}(38,7 + 39,3 + 7,0) = 12,14$. Man sieht leicht, dafs *v* in siebentägigen Intervallen tiefe

Minima (September 11, 18, 25) erlebt hat, daſs kurz nach jedem Minimum (September 5 nach dem nicht verzeichneten Minimum September 4; September 13 ausgefallen; 20, 26) ein hohes Maximum eingetreten ist.

Sterne, deren Licht in dieser Weise wechselt, gehören dem Typus der regelmäſsig veränderlichen weiſsen (oder gelben) Sterne an; unter den dem freien Auge und dem Feldstecher bequem liegenden Objekten dieser Art sind besonders *β Lyrae* (Vergleichsterne *γ*, *ζ*, *κ*, *μ Lyrae*, auch *μ Herculis*), *δ Cephei* (Vergleichstern *β*, *ι*, *ζ Cephei*, 9 *Fl. Cephei*, *a* = 7 *Fl. Lacertae*) und *η Aquilae* (Vergleichstern *δ*, *β*, *ι*, *ν Aquilae*) zu nennen; auch *ζ Geminorum*, wo die Vergleichsterne ungünstig liegen. Bei *β Lyrae* treten in einer knapp 13 tägigen Periode zwei Maxima von nahezu gleicher und zwei Minima von sehr verschiedener Höhe auf; die vier Extreme teilen die Periode ziemlich genau in vier gleiche Teile. Man möge diesen nahezu zirkumpolaren Stern mindestens einmal täglich schätzen. Im Winter der nördlichen Halbkugel kann man Abend- und Morgenbeobachtungen machen[1]). Wenn man abends mehrere Beobachtungen dieses Sternes machen will, sollte man dazwischen zwei oder drei Stunden verstreichen lassen; die Erinnerung verliert sich dann; auch ändert sich durch die Rotation der Erde die Orientierung der Gruppe gegen den Horizont. Die Lichtkurve hat seit ihrer ersten genaueren Feststellung durch *Argelander* in den 40 er Jahren des 19. Jahrhunderts bis auf unsere Tage erhebliche Änderungen durchgemacht; darum bedarf der Stern beständiger Überwachung, und man kann bestimmt sagen, daſs bei langjähriger weiterer Beobachtung Wichtiges herauskommt. Ähnlich scheint es um *η Aquilae*, mit etwa siebentägiger, und möglicherweise um *δ Cephei*, mit fünftägiger Periode, zu stehen; bei jenem gehen übrigens mehrere Monate durch die Konjunktion mit der Sonne verloren, während *δ Cephei* dem Nordpol nahesteht und auf der Nordhalbkugel das ganze Jahr hindurch beobachtet werden kann. Man beobachte nicht in groſser Nähe des Horizontes; besonders achte man bei allen Sternen darauf, daſs die etwaige geringe Höhe oder ein anderer störender Einfluſs, wenn er sich schon nicht verhindern läſst, wenigstens den Veränderlichen und die Vergleichsterne in demselben Maſse betreffe.

Von den regelmäſsigen Veränderlichen ist die nach Algol

[1]) Nur astronomische Stundenzählung! — Genauigkeit auf die Minute ist bei allen Veränderlichen zu wünschen; beim Algol-Typus ist sie unbedingt nötig.

oder *β Persei* benannte Gruppe besonders wichtig. Der Lichtwechsel Algols ist an eine etwa 69stündige Periode geknüpft; etwas weniger als 60 Stunden verharrt der Stern in vollem Lichte; dann nimmt er innerhalb weniger Stunden rasch zu einem Minimum ab, hierauf in derselben Zeit zum vollen Lichte wieder zu. Von den in Europa dem freien Auge oder dem Feldstecher erreichbaren Sternen gehören hierher noch *λ Tauri* mit etwa viertägiger, *δ Librae* mit etwa siebentägiger Periode und meistens vollem Lichte. Alle diese Sterne sind an Abenden, wo ein Minimum fällig ist, etwa von 10 zu 10 oder von 15 zu 15 Minuten zu beobachten. Kann man die genaue Greenwicher oder mitteleuropäische Zeit, überhaupt eine der auf Greenwich zurückgehenden Zonenzeiten haben, so ist es wünschenswert, daſs sich die Beobachtungen dieser Teilung einigermaſsen anschmiegen, z. B. um $9^h\,0^m$, $9^h\,10^m$, $9^h\,20^m$ usw. angestellt werden, wegen leichterer Vergleichbarkeit mit anderen Beobachtungen; wünschenswert, aber nicht notwendig; wenn äuſsere Umstände das Einhalten dieser Regel verhindern, bestehe man nicht darauf.

Die Periode Algols beträgt genauer (nach *Chandler*) $2^d\,20^h\,48^m\,55{,}425^s = 2{,}8673082^d$, und zufolge der Ephemeride der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft fällt ein Minimum (Zeit des kleinsten Lichtes) auf 1907 Januar $0^d\,6^h\,37^m$ oder $0{,}276^d$ M. Z. Gr. Es ist hiernach leicht, für spätere Zeiten die Minima vorauszuberechnen; sie wiederholen sich nach $3^d - 3\frac{1}{5}^h$. In $23^d - 1\frac{1}{2}^h$ sind sie durch alle Tageszeiten gelaufen. Man beachte ferner, daſs $15\,p = 43{,}009623^d = 43^d\,0^h\,13{,}86^m$; $98\,p = 280{,}9964^d = 281^d - 0{,}0036^d = 281^d - 5{,}18^m$; $127\,p = 364^d\,8^h\,33{,}26^m = 364{,}14814^d$, wo immer p die oben angegebene Periode ist. Man sieht hieraus, daſs nach einem Gemeinjahr die Minima einen Tag, nach einem Schaltjahr zwei Tage zurück-, aber $3\frac{1}{2}^h$ vorspringen. Hat man also auch keine Ephemeriden[1]), so wird man doch mit einiger Annäherung künftige Minima vorausberechnen können.

---

[1]) Solche werden auf Grund der obenerwähnten hier und da mitgeteilt. Es ist ein Mangel, daſs der so reichhaltige *Nautical Almanac* nicht wenigstens für die hellen Algol-Sterne Ephemeriden bringt. — In den obigen Zahlen bemerkt der Kenner leicht die absichtliche Vernachlässigung der periodischen Glieder. Ihre Berücksichtigung würde hier zu weit führen. Die genaue Formel lautet nach *Pannekoek*:

$$1888\,\text{Jan.}\,3^d\,8^h\,11{,}2^m\,\text{M. Z. Gr.} + 2^d\,20^h\,48^m\,55{,}60^s E + 147^m \sin(0^0\,024 E + 226^0) + 22^m \sin\left(\tfrac{1}{18} E + 216^0\right).$$

Die alte Vermutung, daſs die Algol-Minima durch den Umlauf eines verfinsternden Satelliten hervorgerufen werden, ist in neuerer Zeit auf spektrographischem Wege als richtig erwiesen worden. Die Periode unterliegt Schwankungen, die selbst wieder periodisch sind. Ihre genauere Bestimmung, auch die schärfere Zeichnung der Lichtkurve, erfordert noch sehr viel Beobachtungen. Gelegentliche Schätzungen sollte man auch am vollen Lichte des Algol vornehmen. — Man lasse sich niemals durch eigene ältere Schätzungen beeinflussen, glaube auch niemals, der Stern müsse in der letzten Viertelstunde heller oder schwächer geworden sein. Man beginne, wenn es die Tageszeit und der Stand des Sternes gestattet, 4^h vor dem zu erwartenden kleinsten Lichte und schlieſse 4^h nach demselben. Daſs ein Minimum ganz durchbeobachtet werden kann, ist leider eine Ausnahme.

Zahlreiche Sterne gehören zum „Algol-Typus". Von helleren sind zu nennen: 1. *λ Tauri*, Periode $4^d - 68^m$ oder $3^d\,22^h\,52^m$; ein Minimum 1906 Dez. $28^d\,14^h\,2^m$; 2. *δ Librae*, $p = 2^d\,7^h\,51{,}7^m$, $3p = 7^d - 25^m$, Minimum 1907 Januar $0^d\,5^h\,53^m$; 3. *U Ophiuchi*, $p = 0^d\,20^h\,7{,}7^m$, Minimum 1906 Januar $0^d\,12^h\,56^m$; Lichtwechsel nur zwischen den Gröſsen 6 und 6,7. Dieselben Grenzen bei 4. *R Canis majoris*, $p = 1^d\,3^h\,15{,}8^m$, Minimum 1906 Januar $0^d\,22^h\,53^m$; 5. *V Puppis*, 4. bis 5. Gröſse, südlicher Stern, $p = 1^d\,10^h\,54{,}5^m$, Minimum 1906 Januar $0^d\,15^h\,40^m$; alle Zeiten nach Greenwich. Die übrigen Algol-Sterne kommen auch im Maximum nicht über die Gröſse 6.7 hinaus.

Einem weiteren Typus der Veränderlichkeit hat *Mira Ceti* (*o Ceti*) den Namen gegeben. Die Periode dieses Sterns beträgt im Mittel 11 Monate, ist aber starken periodischen Schwankungen unterworfen. In den hellsten Maximis über den Durchschnitt der zweiten Gröſsenklasse hinausgehend, ist er in den meisten nur von der 3. bis 4. Gröſse. Die Minima führen ihn regelmäſsig zur 9. Gröſse, also weit unter die Grenze der Sichtbarkeit für freie Augen. Auch bei diesem Stern, der übrigens, gleich Algol, *η Aquilae*, *ζ Geminorum*, *λ Tauri* u. a. alljährlich infolge der Konjunktion mit der Sonne für mehrere Monate ausscheidet, ist bedeutende Vermehrung des Beobachtungsmaterials dringend erwünscht. Wer nicht die Minima beobachten kann, überwache das Objekt wenigstens in den Maximis. Beim Schwächerwerden ist sehr genaue Identifizierung der Vergleichsterne besonders wichtig. Nach der Vierteljahrsschrift trifft ein Maximum auf 1906 Dez. 19, das sich gut beobachten lassen wird. Danach sind die folgenden

ungefähr vorauszuberechnen; doch werden sich grofse Abweichungen herausstellen.

Zahlreiche rote und gelbe Sterne gehören dem Typus der schwach veränderlichen Objekte an. Der Lichtverlust ist unregelmäfsig, und je heller solche Sterne im Durchschnitt sind, desto schwieriger ist er zu verfolgen, weil die Vergleichsterne in immer weiteren Abständen zu suchen sind, womit die Störungen durch äufsere Einflüsse immer gröfser werden. Die Veränderlichkeit mancher von diesen Sternen wird denn auch von einigen geradezu bestritten; so von *α* und *δ Orionis*. Weitere Sterne dieser Art sind *β Pegasi*, *α Cassiopeiae*, *α*, *g*, *u Herculis*, *η Geminorum*, der Granatstern *μ Cephei* und viele andere. Durch anhaltende Arbeit ist zweifellos hier noch vieles zu ermitteln.

Die Auswahl der Vergleichsterne bleibt am besten dem Beobachter selbst überlassen. Man beginne seine Übungen an den leichteren regelmäfsig veränderlichen Sternen der ersten Gruppen, ehe man zu den roten und besonders den schwach veränderlichen roten Gestirnen übergeht. Gute Verzeichnisse findet man in mehreren Büchern; wir nennen 1. den Katalog zum *Atlas coelestis novus* von *Heis*, zwar schon vor einem Menschenalter erschienen, aber für unsern Zweck noch wohl brauchbar; 2. den Text des Atlas von *Messer*. Während diese nur die in Mitteleuropa sichtbaren, im Maximum die 6. Gröfse (oder 6,7) mindestens erreichenden Sterne verzeichnen, geht *A provisional Catalogue of Variable Stars* (*Harvard Annals* XLVIII, 3) über den ganzen Himmel[1]), ist daher dem in südlicheren Gegenden Reisenden besonders zu empfehlen.

Noch stärker als bei *Mira Ceti* sind die Lichtschwankungen bei dem südlichen Stern *η Argus* (*η Carinae*), der im Minimum unter der 7. Gröfse bleibt, im hellsten beobachteten Maximum nur wenig schwächer als Sirius gewesen ist. Das Anwachsen scheint sich sprungweise zu vollziehen. Solche Objekte bilden den Übergang zu den neuen Sternen (*Novae*), die plötzlich (*Nova Persei* von 1901 jedenfalls, *T Coronae* von 1866 vermutlich auch, in wenigen Stunden) um viele Gröfsenklassen anschwellen oder gar erst aus der Unsichtbarkeit für die jetzigen Instrumente auftauchen, dann unter heftigen, später geringer werdenden Schwankungen im ganzen abnehmen, bis sie auf einer sehr niedrigen Stufe stehen bleiben.

---

[1]) Wo ein ernstes Interesse vorliegt, wird das *Harvard College Observatory, Cambridge, Mass., U. S. A.*, jedenfalls gern dieses Heft gratis abgeben.

Wenn auch der Himmel in unsern Zeiten so eifrig photographisch überwacht wird, daſs manches aus der ersten Geschichte einer *Nova* sich in die Platten einzeichnet, so sind doch, wie gerade die *Novae* der letzten Jahrzehnte erwiesen haben, die visuellen Entdeckungen keineswegs zu vernachlässigen. Wer sich gewöhnt, den Himmel planmäſsig mit guten Karten zu vergleichen, eine Arbeit, womit die Aufstellung einer Helligkeitsreihe für die konstanten oder als konstant geltenden Sterne verbunden sein kann, wird vielleicht einmal, wie *Anderson* zweimal, das Glück haben, einen merkwürdigen neuen Stern zuerst aufzufinden. Es versteht sich, daſs eine solche Entdeckung an eine zuständige Stelle (vergl. S. 695) drahtlich zu melden ist. Dasselbe würde von einem plötzlichen Lichtwechsel, z. B. bei η *Argus*, gelten, auch bei *o Ceti*; ja selbst bei Algol und β *Lyrae* sind Überraschungen nicht ausgeschlossen, weil diese regelmäſsigen veränderlichen Objekte Sternpaare von sehr enger Verknüpfung darstellen. Natürlich ist besonders in der ersten Zeit die *Nova* oder der sonstige Himmelskörper recht oft zu beobachten, und zwar unter genauester Zeitangabe. Es liegt in der Natur der Stufenschätzung, daſs nicht viel unter die Minute als Genauigkeitsgrenze herabgegangen werden kann. Diese sollte man aber auch einzuhalten suchen.

Für die Notierung der Himmelsansicht, die bei Stufenschätzungen nicht fehlen soll, ist das Schema des Verfassers dieser Anleitung von mehreren Beobachtern angenommen worden, so daſs er glaubt, es hier als Vorlage mitteilen zu dürfen. Das Schema kann auch bei Beobachtungen andrer Art verwertet werden.

Erklärung der abgekürzten Angaben für den Luftzustand und die Güte der Beobachtungen.

1	Die Luft ist sehr klar.
2	„ „ „ klar.
3	„ „ „ ziemlich klar.
4	„ „ „ mäſsig klar oder etwas trübe.
* oder **	Der Luftzustand, die Zeitangabe oder die Stufenschätzung ist unsicher oder sehr unsicher. Das * ist Zusatz; 1* bedeutet also: sehr klar, aber doch unsicher, vielleicht infolge heftiger Strömungen oder kleinster *Cirrus*-Wolken.
A	Der Beobachter ist ermüdet oder sonst körperlich angegriffen.
B oder G	Die Beobachtung eines niedrig stehenden Sternes wird durch Baumzweige oder Gebäude erschwert.
Bf	Beobachtung während einer Eisenbahnfahrt.

D, D_2, D_3	Die Beobachtung wird auf merkliche, erhebliche, übermäßige Weise durch das Dämmerlicht der Sonne gestört.
Dm	Die Beobachtung wird durch das Dämmerlicht des Mondes gestört.
Fld	Irdische Objekte machen es unmöglich, die beiden zu vergleichenden Sterne kurz nacheinander in das Gesichtsfeld zu bringen.
Fkl	Starkes Funkeln der Sterne.
Fr	Das Frostwetter stört die Bewegung des Instrumentes oder trübt die Gläser.
h, H	Geringe (h) oder unbequem grofse Höhe (H) des Sternes.
L L_2	Störende oder sehr störende künstliche Lichtquellen.
M	Sehr schwacher Einflufs des Mondlichtes.
M_2	Schwacher Einflufs des Mondlichtes.
M_3	Merklicher Einflufs des Mondlichtes.
M_4	Störender Einflufs des Mondlichtes.
M_5	Sehr störender Einflufs des Mondlichtes.
M_6	Übermäßiger Einflufs des Mondlichtes.
N	Nebel.
Nl	Nordlicht.
r, r_2	Der veränderliche Stern ist sehr rot oder auffallend rot.
schw.	Die Sterne sind lichtschwach.
S, S_2	Unbequeme oder sehr unbequeme Stellung des Beobachters.
w, w_2	Das Wetter ist windig oder sehr windig.
W, W_2	Nahe gelegene Wolken machen die Beobachtung unsicher oder sehr unsicher.
Wttl	Wetterleuchten.
Zl	Zodiakallicht.
!	Sollte im Original gesetzt werden, wenn die Beobachtung auffallend erscheint, aber ausdrücklich verbürgt werden soll.

Gerade auf diesem Gebiete übrigens, wo die Fehlerquellen sehr reichlich fliefsen, beachte man, dafs jegliche Voreingenommenheit zu vermeiden ist. Dann kann und wird die Stufenschätzung, als einfache und leichte Differenzbeobachtung, ihre Früchte tragen. Die Vergleichsternskalen sind später vom Berechner mit den photometrischen Skalen zusammenzuhalten, die von der Subjektivität des einzelnen Beobachters etwas freier sind als jene, obwohl auch sie mit allen aus den atmosphärischen Verhältnissen hervorgehenden Fehlern behaftet sind.

Endlich können sich Beobachter, die für Farbenunterschiede ein Auge haben, durch Aufzeichnung von Sternfarben verdient machen. Obgleich man seit langer Zeit Spektra beobachtet und photographiert, ist doch auch auf diesem Gebiete, wie z. B. die Arbeiten von *H. Osthoff* beweisen, der Okularschätzung noch mancher Erfolg vorbehalten. Fast alle bei Sternen wahrzunehmenden Färbungen lassen sich in der Skala von *Julius Schmidt* unterbringen, die von Weifs (0) durch

Zwischenstufen zum reinen Gelb (4) und weiter zum Rot von verschiedener Sättigung (8, 9, 10) hinführt. Auf die astrophysikalische und physiologische Bedeutung dieser Skala kann hier nicht eingegangen werden [1]). Aus zahlreichen Beobachtungen desselben Sternes ergibt sich ein Mittelwert, der in Zehnteln der Skala angegeben wird. Auf Einzelheiten können wir aus Mangel an Raum nicht eingehen. Der Beobachter würde gut tun, sich mit einem Kenner des Gebietes (z. B. *Dr. A. Pannekoek*, Astronom in Leiden, Holland; *Fr. Krüger*, Direktor der Sternwarte in Altenburg; *H. Osthoff*, Mathematiker in Cöln, Barbarossa-Platz) in Verbindung zu setzen.

Wir schliefsen unsre Ausführungen [2]) mit dem Wunsche, dafs recht viele Forschungs- und Vergnügungsreisende den hohen sachlichen und persönlichen Wert der einfacheren Himmelsbeobachtungen schätzen, dafs aus allen Zonen der Erde recht viel brauchbare Beobachtungen einlaufen möchten.

---

1) Vergl. den Aufsatz von *A. Pannekoek* im X. Bande, S. 117—132 der Mitteilungen der *V. A. P.* Ferner den Katalog von *H. Osthoff* (Astron. Nachr. 3657) und den von *Fr. Krüger* (Kiel, C. Schaidt, 1893).

2) Ein kurzer Nachtrag über die Beziehungen der Cirrus-Wolken zu den Sonnenflecken wird im Nachtrag zu diesem Bande gegeben werden.

Beurteilung des Fahrwassers in ungeregelten Flüssen.

Von

Dr. J. R. Ritter von Lorenz-Liburnau.

Vorbemerkungen.

Der Reisende in unbekannten oder noch wenig erforschten Gegenden ist nicht selten veranlafst, Flüsse zu befahren, in denen es keinerlei Bezeichnung des Fahrwassers, keine verläfslichen oder auch nur unbedenklichen Lotsen gibt, und wo nur die Kenntnis der Naturgesetze, nach denen die Bewegungen und Veränderungen in Flufsbetten vor sich gehen, zur möglichst richtigen Beurteilung des Fahrwassers führen kann.

Aufserdem bieten derlei Flüsse nicht selten lehrreiche Beispiele für praktisch wichtige Sätze oder Regeln der Hydrologie, welche der Reisende nicht versäumen soll zu notieren und bekanntzugeben [1]). Mit Rücksicht auf diese Zwecke sind die nachstehenden Anweisungen verfafst.

Wir betrachten hier die Flüsse als Fahrbahnen von oft sehr veränderlicher Beschaffenheit. Durch diese letztere kommt in die Flufsschiffahrt ein eigentümliches Element, welches der Seeschiffahrt fremd ist und ein eigenes Studium und eine besondere Praxis nötig macht.

Die Anforderungen an das Fahrwasser richten sich selbstverständlich nach den Dimensionen des Fahrzeuges, insbesondere nach dem Tiefgange und der Breite desselben sowie nach dem Mechanismus, welcher das Fahrzeug treibt und steuert, endlich

---

[1]) Vergl. hierüber: „Wald, Klima und Wasser“, München 1878, bei Oldenbourg; dazu: „Die Geologie von Grund und Boden“, 1883 (Wien und Berlin, jetzt Parey) — beide vom Verfasser des Gegenwärtigen; ferner von demselben: „Die Donau, ihre Strömungen und Ablagerungen“, Wien, K. Gerolds Sohn. 1890.

auch nach der Richtung der Fahrt (ob stromabwärts oder stromaufwärts).

Propeller und schnell wendende Boote können bei sonst gleichen Dimensionen sich mit einem schmäleren Fahrwasser begnügen als Raddampfer, grosse Ruderboote und schwerfällig zu steuernde Fahrzeuge.

Bei der Talfahrt sucht man die stärkste Strömung auf, selbst wenn diese in Kurven verläuft, weil dadurch die Fahrt am raschesten gefördert wird, — bei der Bergfahrt hingegen trachtet man die stärkste Strömung zu vermeiden und Kurven abzuschneiden, weil dabei an Kraft und Weg gespart wird. „Fahrwasser" ist also ein relativer Begriff. Wir wollen hier der Kürze halber direkt nur das Fahrwasser für den stromabwärts fahrenden Schiffer betrachten, wobei sich dem verständigen Leser von selbst auch Folgerungen für die Bergfahrt ergeben dürften. Auch setzen wir hier nur unregulierte, sich selbst überlassene Flüsse voraus, sprechen daher gar nicht von jenen Fällen, die sich auf Strombauten beziehen. —

Zur Beurteilung des Fahrwassers in Flüssen kommen folgende Punkte in Betracht:

die Tiefe, die Breite, die Geschwindigkeit der Strömung und die Richtung dieser letzteren.

All dies hängt einerseits von der wechselnden Menge des vorhandenen Wassers, andrerseits von der oft gleichfalls veränderlichen Gestalt des Bettes ab, und die ersterwähnten vier Bestimmungsstücke erleiden überdies Veränderungen durch Abtragung (Erosion) der Ufer sowie durch die Ablagerung von Sinkstoffen. Die hier bezeichneten Bestimmungsstücke wirken aber nicht jedes für sich abgesondert, sondern beeinflussen fortwährend eines das andre, wie denn z. B. das strömende Wasser wesentliche Veränderungen an den Böschungen und im Grunde des Bettes hervorbringt und von den Unebenheiten des Bettes hinwiederum die Tiefe und Geschwindigkeit des Wassers beeinflufst werden. Diese verschiedenen Faktoren sollen nun möglichst in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden.

Ursprung des Flufswassers.

Da vom jeweiligen Wasserstande sehr wesentlich das Fahrwasser abhängt und nach dem ersteren das letztere auf einer und derselben Strecke gut oder schlecht sein kann, mufs vor allem hier über Herkunft der wechselnden Wassermengen gesprochen werden. Das Wasser der Flüsse stammt teils

unmittelbar, teils mittelbar aus den atmosphärischen Niederschlägen, und zwar unmittelbar durch den oberirdischen Abfluſs der Regen- und Schmelzwässer, mittelbar durch den Ausfluſs unterirdisch angesammelter Wässer oder Quellen.

Der oberirdische Abfluſs erfolgt zunächst dort, wo der Regen auffällt oder der Schnee schmilzt, über geneigte Flächen oder Gehänge entweder ohne bestimmte seitlich begrenzte Bahnen (durch „Abtraufe" oder „Riesel"), oder er findet kleinste, kleine und gröſsere Rinnen oder Runsen vor, die meist das Wasser selbst sich allmählich gebildet hat, „Rinnsale" der verschiedensten Ordnungen.

Sehr häufig sammelt sich das anfangs bloſs abtraufende oder rieselnde Wasser später in Rinnsalen, deren je mehrere sich zu einem gröſseren vereinigen. Es entstehen und vergröſsern sich dadurch Bächlein, Bäche und Flüsse, die man unter dem gemeinsamen Namen der „offenen Gerinne" zusammenfaſst.

Im Gegensatze dazu unterscheidet man „bedeckte" oder „unterirdische" Gerinne, deren Ausflüsse die Quellen sind. Wie Quellen entstehen, und welche Hauptarten von Quellen vorkommen, soll hier nicht näher auseinandergesetzt werden; es genügt hier daran zu erinnern,

a) daſs auch die Quellen nur von Niederschlägen herrühren, die sich unter der Erdoberfläche angesammelt haben und nach kürzerem oder längerem Aufenthalte an den Tag heraustreten; dann

b) daſs nach der Art jener Ansammlung stetige (perennierende) und aussetzende (intermittierende) Quellen unterschieden werden müssen; endlich

c) daſs auch die stetigen Quellen gewissen Schwankungen ihres Wasserreichtums unterliegen, welche von den Schwankungen der Niederschlagsmengen sowie von der Natur der unterirdischen Reservoirs abhängen.

Je mehr die Ausflüsse stetiger Quellen an der Wasserlieferung für ein offenes Gerinne — Bach oder Fluſs — Anteil haben, desto beständiger ist die Wassermenge der letzteren; je mehr hingegen ein Gewässer auf die direkten Zuflüsse aus den jeweiligen Niederschlägen angewiesen ist, desto schwankender pflegt seine Wassermenge zu sein, indem diese nach reichlichen Niederschlägen stark anwächst, bei Trockenheit aber sehr bedeutend abnimmt oder auch ganz verschwindet. Das Extrem in dieser Beziehung sind die Torrenten, offene Gerinne ohne stetige Quellzuflüsse und mit steilem Gefälle, infolgedessen das Wasser der Niederschläge sehr rasch wieder abflieſst und ein trockenes Bett zurückläſst.

Übergänge und Mittelformen zwischen diesen beiden Haupttypen sind zahlreich, und mancher Flufs, der als Quellader beginnt, erhält weiterhin fast nur Regenzuflüsse, während es andrerseits Flüsse gibt, die als Giefsbäche beginnen und weiterhin sehr bedeutende Quellenzuflüsse erhalten.

Die meisten gröfseren und schiffbaren Flüsse haben Zuflüsse aller Arten, sowohl aus Quellen wie aus offenen Gerinnen von gröfserer oder geringerer Stetigkeit — und dadurch wird die Raschheit und Gröfse der Schwankungen im Wasserstande zufolge gegenseitiger Kompensation vermindert. Günstig in dieser Beziehung ist es auch, wenn ein Strom sein Gewässer aus einem sehr weiten Umkreise und aus verschiedenen Richtungen empfängt; denn in diesem Falle liefert bald der eine, bald der andre Zuflufs mehr Wasser, wenngleich andere zur selben Zeit wasserarm sind, indem auf einem weiten Gebiete bald da, bald dort mehr Niederschläge auftreten, deren Wasser dann schliefslich immer wieder zum Strom gelangt.

Da der Wasserstand eines Flusses wesentlich von der Niederschlagsmenge sowie von der Art, wie diese fortgeführt wird, abhängt, müssen diese beiden Bedingungen nun noch näher betrachtet werden.

Um zu beurteilen, wie sich das Fahrwasser zu einer bestimmten Zeit vermöge der gröfseren oder geringeren Wassermasse verhalten wird, mufs man über die Verteilung der periodischen und nichtperiodischen Niederschläge nach den Jahreszeiten, insbesondere über die Zeit der gröfsten Regenmengen sowie der Trockenheit möglichst orientiert sein. Über diese Verhältnisse und demnach über die atmosphärische Wasserlieferung zu den Flüssen nach klimatischen Zonen und gröfseren orographischen Gebieten geben gute Lehr- und Handbücher der physischen Geographie und der Klimatologie Aufschlufs, worunter hier insbesondere auf das „Handbuch der Klimatologie“ von Dr. Jul. Hann (Stuttgart, Engelmann, zweite Auflage 1897) hingewiesen werden soll.

Achtet man dann auf den Umstand, dafs die Niederschläge und Schmelzwässer der oberen Aufnahms- oder Sammelgebiete erst nach einigen Tagen oder selbst Wochen in die unteren Flufsstrecken gelangen, so wird man wenigstens im allgemeinen schon ein vorläufiges Urteil darüber gewinnen, zu welchen Zeiten bei jedem Flusse ein relativ besserer oder schlechterer Wasserstand zu finden sein wird.

Hierbei kommt übrigens noch weiter in Betracht, dafs nicht alles Niederschlags- und Schmelzwasser in die Flufs-

betten kommt, sondern ein nicht unbeträchtlicher Teil schon während des Zufliefsens verdunstet, ein andrer in den Boden einsickert und im letztern Falle entweder gar nicht, oder auf unterirdischen Umwegen als Quellen in die Flüsse gelangt. Je heifser und trockener die Luft, je durchlässiger der Boden des Zuflufsgebietes, desto geringer ist der Anteil an Wasser, welcher zum Flufsbett gelangt und dem Fahrwasser zugute kommt. Über die Ermittlung des Verhältnisses, nach welchem sich in verschiedenen Gegenden die Niederschlagsmengen in den drei angedeuteten Richtungen (Verdunstung, Einsickerung und offener Abflufs) verteilen, sind zwar schon mannigfache Studien gemacht worden, die Resultate sind jedoch nicht so bestimmt, dafs sie in jener Präzision und Kürze wiedergegeben werden könnten, wie es an dieser Stelle bei so beschränktem Raume erforderlich wäre; es kann daher nur im allgemeinen die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt werden. Jedenfalls mufs der Schiffer in fremden Gewässern vor allem darüber ins reine kommen, ob er sich eben in einer Zeit hohen, mittleren oder niedrigen Wasserstandes befinde, was man an den Spuren längs der Ufer, sowie an dem mehr oder minder ausgedehnten Hervortreten der Klippen, Kies- oder Sandbänke und an den daselbst vom Wasser selbst hervorgebrachten Marken beurteilen kann. Auch der Grad des Eingetauchtseins oder Hervorragens der Vegetation an Ufern und bewachsenen Inseln gibt Fingerzeige über den relativen Stand des Wassers.

Ursprung und Bau der Flufsbetten.

Nächst der vorhandenen Wassermenge ist für das Fahrwasser die Beschaffenheit des Bettes entscheidend. Über den Ursprung der Flufsbetten herrscht vielfach die irrige Meinung, dafs sie von den Flüssen selbst gebildet wurden, was jedoch nur in beschränktem Sinne gilt.

Ein Gewässer kann sich eine bestimmte Bahn nur dann ausfurchen und weiter ausbilden, wenn es schon in einer bestimmten Rinne durch längere Zeit fliefst; denn ein bald hier, bald dort bahnlos abtriefendes Geriesel hat nicht die Kraft, in seine Unterlage eine bestimmte Bahn einzugraben. Damit also das Wasser überhaupt bahnbildend zu wirken anfangen kann, mufs schon vorher eine geeignete Furche vorhanden sein, und diese wird dann allerdings von dem Wasser im Vereine mit seinen Geschieben weiter ausgebildet.

Je nachdem die ursprüngliche Furche entweder im festen anstehenden Gestein eingesenkt oder eingerissen war, oder sich

in leicht verschiebbarem losem Material, wie Schutt, Gerölle, Sand, Ton, befand, unterscheidet man zwei Haupttypen von Betten, welche sich insbesondere in bezug auf die Veränderlichkeit des Fahrwassers entgegengesetzt verhalten.

Der erste Typus, das feste oder „Felsenbett“, wird von dem Wasser weder an den Ufern noch am Grunde rasch und bedeutend angegriffen und kann sonach annäherungsweise als unveränderlich betrachtet werden.

Die Unebenheiten des Grundes, welche als untergetauchte oder auftauchende Klippen, Felsplatten usw. auftreten, hängen lediglich mit dem geologischen Bau (Geotektonik) der Gegend zusammen, sind meistens schwerer zerstörbare Reste jener Gesteinsmassen oder Schichten, deren leichter zerstörbare Teile schon während Jahrtausenden weggeführt wurden, und ihre Verteilung im Flufsbette folgt nicht irgendeinem solchen Gesetze, welches der Flufsfahrer von seinem Standpunkte aus beurteilen könnte. Hier kann also nur Achtsamkeit auf die bekannten äufsern Erscheinungen, durch welche sich schon an der Oberfläche des Wassers das Vorhandensein von Schiffahrtshindernissen verrät, den Schiffer leiten, und wo zahlreiche Klippen und Stromschnellen vorhanden sind, erübrigt oft nichts anderes, als entweder vor dem Versuche einer Durchfahrt womöglich aus einem erhöhten Standpunkte den Verlauf des Wassers zwischen Klippen und Untiefen zu beobachten, oder sich auf die Auskünfte oder Hilfe von Eingeborenen zu verlassen, wofern man Ursache hat, denselben zu trauen.

Der zweite Typus der Flufsbetten, nämlich in beweglichem Terrain, ist derjenige, in welchem fortwährende Veränderungen des Fahrwassers vor sich gehen, deren Gesetze man kennen mufs, und auf welche wir daher hauptsächlich unsre Aufmerksamkeit richten wollen.

Solche Flufsbetten verlaufen in Flutschutt (meistens Jungtertiär oder Diluvial oder auch Recent); dieses Material (Ton, Lehm, Sand, Grus, Kies) wurde in früheren, mehr oder minder entlegenen Zeiten aus dem damals weit mächtigeren oder weiter ausgebreiteten Wasser an ruhigeren Stellen abgesetzt, welche bei dem Zurückweichen des Wassers trocken liegen blieben, und es wurde dann das fliefsende Wasser eben nur auf ein verhältnismäfsig schmales Gerinne, das heutige Flufsbett, beschränkt.

Der Gegensatz von Felsen- und Schuttbetten fällt in der Regel zusammen mit einer zweiten Gegensätzlichkeit. Die ersteren nämlich verlaufen fast durchwegs in Engen, die letztern hingegen in mehr oder minder ausgedehnten Weitungen.

Die meisten Flüsse zeigen in ihrem Laufe eine Abwechslung von Strecken beider Typen und strömen abwechselnd durch Flufsengen (oft mit Katarakten) und durch weite Becken. In den engen Strecken hat in der Regel das mehr konzentrierte Wasser eine verhältnismäfsig gröfsere Tiefe, während in den Weitungen die Gewässer in der weiter unten darzustellenden Weise sich ausbreiten und oft in Arme teilen, so dafs das vielfach verzettelte Wasser verhältnismäfsig geringere Tiefen zeigt, daher das Fahrwasser oft nur eine sehr beschränkte Breite besitzt und seine Auffindung um so schwieriger wird.

Bewegung des Wassers im Bette.

Die Bewegung des Wassers im Bette erfolgt mit einer Geschwindigkeit, welche hauptsächlich von dem Gefälle des Bettes abhängt, aber auch durch verschiedene Nebenumstände, von denen noch die Rede sein soll, beeinflufst wird. Über die Messungen sowohl der Geschwindigkeit als der Tiefe kann hier nicht eingehend gehandelt werden, und es sei nur kurz bemerkt, dafs man in Flüssen, besonders in solchen mit starker Strömung, die Tiefe nicht mit dem Lot (Senkblei) messen kann, welches zu sehr von der Strömung abgetrieben wird, sondern dafs man sich dazu einer geteilten langen Holzstange bedient, welche allerdings nicht in sehr grofse, aber doch jedenfalls bis in jene Tiefen reicht, welche für den Flufsschiffer mit Rücksicht auf den Tiefgang seines Fahrzeuges von Belang sind.

Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Wasser in seinem Bette bewegt, ist, sowohl nach der Tiefe, als nach der Quere und der Länge desselben betrachtet, eine gesetzmäfsig verschiedene.

Betrachten wir zunächst die Verteilung der Geschwindigkeit innerhalb eines und desselben Querschnittes, so sind folgende Punkte mafsgebend.

Die oberste Wasserschicht hat die Reibung mit der Luft zu überwinden, wodurch ihre Geschwindigkeit vermindert wird, was insbesondere bei heftigerem Gegenwinde in grofsem Mafse stattfindet. Aber auch die untersten Wasserschichten werden verlangsamt, und zwar durch die Reibung am Grunde, welche um so stärker wirkt, je rauher der Boden ist. Die Wasserteilchen an den Seitenwänden des Bettes sind gleichfalls durch Reibung verlangsamt. Den geringsten Widerstand erfahren also jene Wasserteilchen, welche sich zwischen der Oberfläche und der

untersten Wasserschichte befinden und zugleich von den Seitenwänden des Bettes entfernter sind. Da der Widerstand des Grundes im allgemeinen stärker ist als jener der Luft, liegt die gröfste Geschwindigkeit näher an der Oberfläche als am Grunde, und man kann annehmen, dafs die Schichte des geringsten Gesamtwiderstandes, also die gröfste Wassergeschwindigkeit, etwa bei $^3/_{10}$ der Tiefe (vom Wasserspiegel an gerechnet) liegt.

Über die verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers zwischen beiden Ufern lehrt die Erfahrung, dafs die gröfste Geschwindigkeit im allgemeinen dort stattfindet, wo die Tiefe am gröfsten ist, wo also bis auf einen bedeutenden Abstand vom Wasserspiegel hinunter immer nur Wasserschichten auf Wasserschichten gleiten.

Hiervon findet eine Ausnahme nur dann statt, wenn die gröfste Tiefe ganz unmittelbar an einem der beiden Ufer gelegen ist, denn in diesem Falle wirkt die Reibung an der Seitenwand verlangsamend, und die gröfste Geschwindigkeit liegt dann ein wenig seitwärts vom Ufer ab. Aus dem Gesagten ergibt sich auch, dafs sich im allgemeinen die Geschwindigkeit der obern Wasserschichten, in denen sich die Schiffahrt bewegt, je nach der Hebung oder Senkung des Grundes verlangsamt oder beschleunigt.

Wir haben nun die Geschwindigkeitsverhältnisse nach der Tiefe und nach der Quere (Breite) des Wasserkörpers, also innerhalb eines und desselben Querprofiles, betrachtet.

Verfolgen wir nun die Wasserteilchen in der Richtung ihres Fliefsens stromabwärts, in der Richtung des Längenprofiles, so erzeugt sich die Vorstellung von parallelen Wassersträngen, in die man sich die ganze bewegte Masse zerlegt denken kann. Jener Wasserstreifen, dessen Stränge die gröfste Geschwindigkeit besitzen, heifst der „Stromstrich“. Man kann beobachten, dafs der Stromstrich die Eigenschaft besitzt, die benachbarten Wasserfäden gleichsam an sich zu ziehen; diese konvergieren also von beiden Seiten gegen den Stromstrich hin, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen schwimmenden Körper aufserhalb des Stromstriches, aber doch nicht sehr entfernt von demselben in einen Flufs wirft; man sieht da, wie der Schwimmer allmählich dem Stromstriche näher treibt und schliefslich in denselben hineingezogen wird.

Die Lage des Fahrwassers in verschieden gestalteten Betten oder Strecken.

Die Lage des Fahrwassers kann in einem noch nicht hydrographisch aufgenommenen und verzeichneten Flusse nur nach hydrologischen Gesetzen, also nur dort von vornherein beurteilt werden, wo diese Gesetze nicht durch zufällige im Bette befindliche Objekte, wie Felsenklippen, untergetauchte Steinblöcke, Wurzelstöcke, im Flufsgrunde steckende Baumstämme usw., gestört sind. In solchen Fällen kann nur die Achtsamkeit auf alle ungewöhnlichen Oberflächenbewegungen des Wassers (Wellen, Brandung, Bräger) den Schiffer leiten. Unsre Anleitung aber mufs sich auf dasjenige beschränken, was auf ungestörten Naturgesetzen beruht.

Bewegt sich der Flufs in angreifbarem Material, so nimmt er entweder vom Ufer oder vom Grunde oder auch von beiden ablösbare Teile mit sich (Erosion und Abtrag).

Wenn das Material des Ufers leichter beweglich ist als jenes am Grunde, wirkt die Erosion mehr nach den Seiten hin als nach der Tiefe; die Veränderungen des Wasserlaufes bestehen also in Abschweifungen nach den Seiten hin. Umgekehrt, wenn die Sohle leichter angreifbar ist als die Ufer, wird bei hinreichendem Gefälle mehr eine Austiefung als eine Verbreiterung des Gerinnes erfolgen. Das abgetragene Material (Detritus), welches von dem Wasser fortgeführt wird und die „Sinkstoffe“ desselben bildet, wird wieder abgesetzt an jenen Stellen, an denen aus irgendeiner Ursache die Geschwindigkeit des Wassers sich vermindert; dabei fallen selbstverständlich die schwereren und gröberen Materialien schon bei der geringsten Geschwindigkeit zu Boden, während die feinsten Teilchen des Detritus am weitesten fortgetrieben und erst an Stellen abgelagert werden, wo die Geschwindigkeit schon nahezu ganz aufgehoben ist.

Es findet also eine fortwährende Sortierung der Sinkstoffe im fliefsenden Wasser durch die wechselnde Geschwindigkeit des letzteren statt. Die dabei erfolgenden Ablagerungen sind es, aus welchen die verschiedenen Anlandungen längs der Ufer, sowie die im Flusse liegenden Kies-, Sand- und Schlammbänke bestehen. Da nun das Fahrwasser hinsichtlich seiner Tiefe, Breite und Richtung einerseits von des Geschwindigkeit der Strömung, andrerseits von der Lage und Ausdehnung der Bänke wesentlich abhängt, ist es wohl am lehrreichsten, die Umstände, unter denen sich die Geschwindigkeit inner-

halb eines Flufsbettes ändert, zugleich mit den daraus hervorgehenden Ablagerungsverhältnissen zu betrachten, und ebenso jene Rückwirkung zu erwägen, welche die Ablagerungen wieder auf den Stromstrich ausüben.

A. Bei Strecken mit geradem Laufe und parallelen Ufern.

a) Bei gleichbleibendem Gefälle.

1. Im festen oder Felsenbette.

Hier hängen die Verteilung der Tiefe und die Geschwindigkeiten, folglich der Verlauf des Fahrwassers ganz und gar von geotektonischen Verhältnissen ab, und es kann von hydrologischen Regeln darüber nur wenig gesagt werden. Vor allem ist festzuhalten, dafs, wenn das Gewässer Sinkstoffe in gröfserer Menge mit sich führt, dieselben in Gestalt gestreckter Bänke sich abwechselnd längs der beiden Ufer absetzen (Fig. 1),

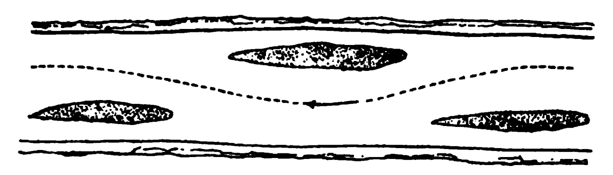


Fig. 1.

weil in der Regel die Geschwindigkeit unmittelbar an den Ufern geringer wird, oder weil Reflexionen der Strömung an den festen Ufern stattfinden und dadurch ruhigere Stellen hinter den Reflexionsstellen entstehen. Man hat also ein sich schlängelndes (serpentinierendes) Fahrwasser, welches zwischen den Längsbänken sich durchwindet, und hätte unrecht, das Fahrwasser ohneweiters in der Mittellinie des Flusses anzunehmen.

Als untrüglich kann man jedoch auch diese Andeutung nicht betrachten, weil im Felsenbette bisweilen die gröfste Tiefe und Geschwindigkeit auf längere Strecken an einem und demselben Ufer sich findet, oder je nach der Lage der mehr oder minder hervorragenden Gesteinsschichten oder Klippen in scharfer Wendung von einem Ufer an das entgegengesetzte geworfen wird. Bei länger anhaltender einseitiger Lage des Stromstriches befinden sich dann die Ablagerungen — falls solche überhaupt entstehen — jeweilig auf der entgegengesetzten Seite.

Aufserdem können nebst den etwa im Bette befindlichen festen Klippen oder Felsenbarren sekundäre Bänke vorkommen, die an den ersteren sich ansetzen, indem insbesondere an dem stromaufwärts gekehrten Rande durch Rückstau eine Verminderung der Geschwindigkeit stattfindet (*m* in Fig. 2) und an der entgegengesetzten Seite (Leeseite der Klippe) der Schutz durch das feste Objekt die Strömung verlangsamt (*n* in Fig 2).

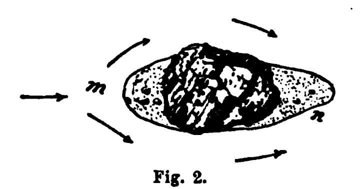


Fig. 2.

2. In beweglichem Terrain.

Betten, welche in beweglichem Material eingegraben sind, verlaufen höchst selten gerade, und zwar nur dann, wenn bei ziemlich grofsem Gefälle, also bei grofser Stofskraft des Wassers, auf längere Distanzen keine sekundäre Querneigung des Terrains vorhanden ist und das Material der Seitenwände und jenes des Flufsgrundes in gleicher Weise angreifbar ist. In diesem Falle hat das Querprofil annähernd die Gestalt einer Parabel, deren Scheitel am Grunde in der Mitte des Bettes liegt, und deren Äste an den Seitenwänden hinlaufen. Die gröfste Tiefe, sowie die gröfste Geschwindigkeit befinden sich dann in der Mitte des Flusses, und Ablagerungen von unbeweglichem Material kommen in der Nähe des Stromstriches nicht vor; sie können jedoch, wie in dem ersterwähnten Falle (Fig. 1), längs der beiden Ufer entstehen, besonders dann, wenn die Parabel, welche den Querschnitt des Bettes darstellt, sehr flach verläuft, weshalb man sich dann den Ufern nur mit Vorsicht und unter wiederholten Sondierungen nähern soll.

Eine so vollständige Symmetrie wie die hier vorausgesetzte kommt übrigens in Wirklichkeit sehr selten vor; das Bett verflacht sich vielmehr nach einer oder der andern Seite stärker, und eben da sind dann die Ablagerungstätten. Noch häufiger, ja in der grofsen Mehrzahl der Fälle, verläuft bei beweglichem Terrain das Wasser in selbstgebildeten Kurven, wovon weiterhin unter C. die Rede sein wird.

b) Bei wechselndem Gefälle.

Mag das Bett im festen oder beweglichen Material verlaufen, so entsteht bei einem Gefällsbruch, an welchem die schwächere Neigung des Bodens in eine stärkere übergeht,

eine Vermehrung der Geschwindigkeit; die Sinkstoffe werden von da an leichter mitgeführt, die Wahrscheinlichkeit von Ablagerungen ist geringer, und der Stromstrich, wo es sich um bewegliches Terrain handelt, am wahrscheinlichsten in der Mitte. Wo hingegen das Gefälle sich vermindert, finden wegen verminderter Geschwindigkeit leicht Ablagerungen quer über das ganze Bett statt, zwischen denen das Wasser einen oft vielfach wechselnden Weg sich bahnt. Dieser Weg pflegt jedoch nicht unregelmäfsig und verworren, sondern derart zu verlaufen, dafs er Krümmungen abwechselnd nach links und nach rechts bildet (serpentiniert), und es gelten dann jene Regeln, welche später bezüglich des Fahrwassers bei gekrümmtem Laufe gegeben werden.

B. Auf Strecken mit divergierenden oder konvergierenden Ufern.

Wenn, selbst bei gleichbleibendem Gefälle, sich das Bett nach seiner ganzen Breite weiter ausdehnt, d. h. die Ufer weiter auseinandertreten oder ein Übergang aus einer Enge in eine Weitung stattfindet, vermindert sich die Geschwindigkeit des Wassers, und die von obenher kommenden Geschiebe lagern sich am Beginne der Weitung in Gestalt einer mehr oder minder breiten Bank ab, welche beiläufig in der Mitte zu liegen kommt, und daher eine Gabelung der Strömung veranlafst, (Fig. 3). Das Gerinne verläuft dann beiderseits der Bank und

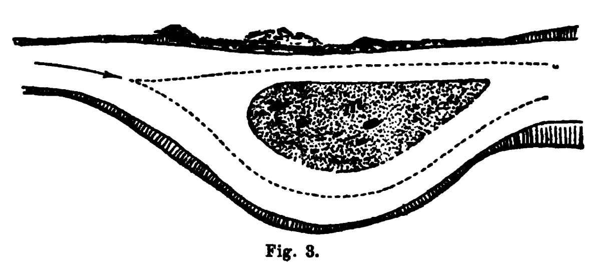


Fig. 3.

nähert sich den beiden Ufern. Wenn man also stromabwärts fahrend in eine Verbreiterung des Flusses gelangt, hat man immer eine solche Mittelbank zu vermuten und sich durch Sondierung über die Lage derselben zu orientieren, falls sie nicht bereits trocken aus dem Wasser hervorsieht. Welcher von beiden Armen das bessere Fahrwasser bietet, kann hauptsächlich nach der Stärke der Strömung beurteilt werden, und

ist die gröfsere Tiefe dort zu vermuten, wo die stärkere Strömung ist.

Um wieder diese selbst zu beurteilen, dienen einige der später folgenden Regeln.

Wenn im Gegensatze zu dem eben behandelten Falle eine Weitung in eine Enge übergeht, also die Ufer zu konvergieren beginnen, entsteht bei diesem Übergang ein **Rückstau**, eine Verminderung der Geschwindigkeit und infolgedessen eine Neigung zu Ablagerungen. Diese finden jedoch meistens in störender Weise nur dann statt, wenn die Ufer nicht ganz allmählich, sondern in ziemlich rascher Biegung sich einander nähern oder auch nur an einer der beiden Seiten ein Ufervorsprung ins Bett hineinragt. In solchen Fällen verhält sich die Strömung und die Ablagerungstendenz in folgender Weise, wobei wir auf die beistehende Figur 4 verweisen.

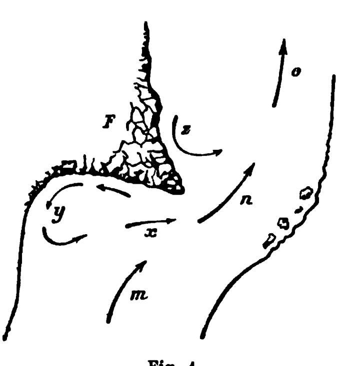


Fig. 4.

Wenn eine starke Strömung längs der Pfeile *m*, *n*, *o* stattfindet, so wird durch diese das in der Bucht bei *y* befindliche ruhigere Wasser gewissermafsen von der Aufsenströmung abgeschnitten, kann aber vermöge des gesetzmäfsigen Strebens nach Herstellung des gleichen Niveaus sich nicht in der Bucht anhäufen, sondern mufs sich wieder gegen den Stromstrich *m*, *n*, *o* hin entleeren. Dies geschieht dadurch, dafs das Wasser der Bucht eine halbkreisförmige Gegenströmung beschreibt (wie die kleinen Pfeile bei *y* andeuten), die längs des Ufers von *F* in der dem Stromstrich entgegengesetzten Richtung zieht und sich zuletzt, wie der kleine Pfeil *x* zeigt, mit der Hauptströmung vereinigt.

Ganz ähnliches ereignet sich längs des im Lee des Vorsprunges *F* gelegenen Uferrandes bis *z*; auch hier zieht, wie der kleine gekrümmte Pfeil bis *z* andeutet, eine Gegenströmung, die endlich zum grofsen Stromstrich umbiegt.

Solche Gegenströmungen sind zwar immer weniger lebhaft als der Stromstrich, in den sie schliefslich zurückkehren, aber sie sind oft bedeutend genug, um den Schiffer, welcher nicht darauf gefafst ist, in Verlegenheit und selbst Gefahr zu bringen,

weil die Manöver ganz verkehrt ausfallen, wenn man sich über die Richtung der Strömung täuscht. Solche Gegenströmungen finden bei felsigen Betten bisweilen auch in grofsen Tiefen statt, ohne dafs sie an der Oberfläche deutlich werden, wenn nämlich derlei Vorsprünge sich nur in der Tiefe befinden und sich nicht weiter nach oben erstrecken. Solche Widerströmungen in der Tiefe lassen sich allerdings bei einer erstmaligen Befahrung vom Schiffe aus nicht erkennen und höchstens dann vermuten, wenn das Terrain im allgemeinen derlei Vorsprünge quer gegen den Flufslauf zeigt.

Auf die Sinkstoffe haben solche Widerströmungen folgenden Einflufs:

Im Innern des mehr oder minder kreisförmigen oder elliptischen Wirbels der Gegenströmung ist das Wasser verhältnismäfsig ruhig; daher entstehen daselbst leicht Ablagerungen, welche annähernd die Gestalt des Wirbels wiedergeben. Die beistehende Fig. 5 zeigt einen solchen sehr häufig vorkommenden Fall.

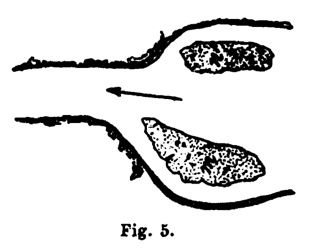


Fig. 5.

Die Strömung geht in der Regel auf die Mitte der Enge hin, und man mufs daher die oberhalb der Enge liegenden Buchten vermeiden — nicht nur wegen der Gegenströmung, sondern auch weil dort abgelagerte Bänke (*m*, *n*) zu vermuten sind.

C. Bei gekrümmtem Laufe.

Bei Flufskrümmungen ist in der Regel die Geschwindigkeit des Wassers an der konvexen Uferseite, d. h. wo das Land vorspringt, kleiner als an der entgegengesetzten konkaven; der Stromstrich drängt sich, je schärfer die Kurve ist, desto näher an das Hohlufer. Am letzteren werden wegen der entschieden geringeren Wassergeschwindigkeit Sinkstoffe abgesetzt, welche die Konvexität dieses Ufers noch vergröfsern. Dies gilt sowohl in festem als in beweglichem Terrain. Im ersteren weist zwar bisweilen die Lage von Bodenspalten oder Klippen dem Stromstrich eine andre Richtung an, aber die Tendenz geht doch nach dem konkaven Ufer. Wenn also von beiderseitigen Felsenufern eine Flufskrümmung bedingt wird, wie in Fig. 6 dargestellt, bewegt sich der Stromstrich, je näher dem Scheitel der Kurve, desto entschiedener längs des konkaven oder Hohlufers; dagegen ist die Strömung verlangsamt längs

des entgegengesetzten konvexen (vorspringenden) Ufers, und die mitgeführten Sinkstoffe setzen sich daselbst in Gestalt einer halbscheibenförmigen Sand-, Schotter- oder Schlammbank ab. Bei solcher Konfiguration der Ufer ist also das tiefere Fahrwasser nicht in der Mitte des Wassers, sondern näher am konkaven Ufer zu suchen; und da Bänke wie die hier erwähnte bei höherem Wasserstande oft überronnen sind, wäre man in Gefahr, festzufahren, wenn man sich nicht von der Mitte der Flufsbreite ab und mehr nach der Seite des Hohlufers hielte.

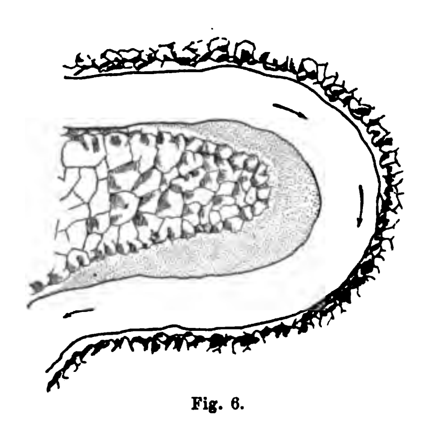


Fig. 6.

Auf Strecken in beweglichem Materiale bildet sich das Wasser selbst eine fortlaufende Reihe von Konterkurven, und diese Gestalt eines Flufslaufes ist die natürliche. Bei starker Strömung in sehr beweglichem Material werden die Strömungen sehr exzessiv, und der Stromstrich schweift nach

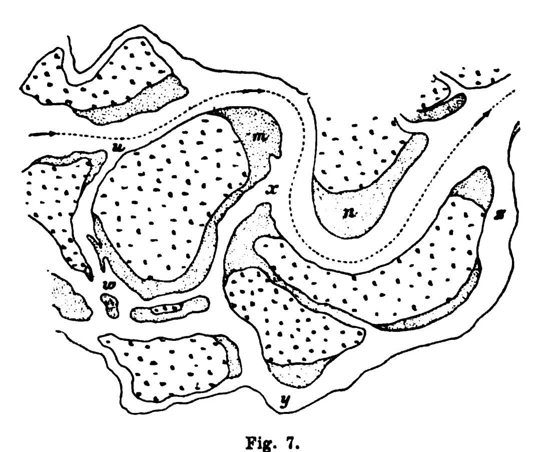


Fig. 7.

beiden Seiten weit ab von der idealen Mittellinie, welche dem allgemeinen Gefälle des Terrains entsprechen würde; überall aber findet man die erwähnten Anlandungen an den konvexen Ufern

(Fig. 7 *m*, *n*), bei schwachen Krümmungen halbmondförmig, bei scharfen Krümmungen aber mehr zungenförmig hervortretend (Fig. 8), während die konkaven Ufer je nach ihrer Festigkeit mehr oder weniger vom Wasser angegriffen werden (Bruchufer).

Eine Regel für das Fahrwasser ergibt sich daraus von selbst; man halte sich möglichst nahe am Bruchufer (an der Konkavität des Ufers). Nur bei Hochwasser, wenn die erwähnten Anlandungen tief unter Wasser liegen, kann man insbesondere bei der Bergfahrt mit Vorteil mehr in der Richtung der Sehne der Krümmung, also über die Anlandung



Fig. 8.

hinwegfahren, weil man dadurch nicht allein den Weg abkürzt, sondern auch gegen eine geringere Stromgeschwindigkeit zu arbeiten hat.

Der Typus aufeinanderfolgender Konterkurven ist der weitaus vorwiegende bei unregulierten Flüssen, in Weitungen mit beweglichem Terrain, und erstreckt sich oft mehrere Myriameter, viele Tagreisen weit, bis wieder eine Enge mit festeren Ufern kommt.

Zur noch näheren Erläuterung diene Fig. 7 (S. 732), welche nach einer gänzlich unregulierten wilden Strecke der ungarischen Donau gezeichnet ist. Dort fliefst der Strom in einer weithin mit feinem, leicht beweglichem Schotter ausgefüllten Weitung und besitzt noch eine ziemlich wirksame Geschwindigkeit. Zur Zeit der Aufnahme lag der fahrbare Arm in der hier mit Pfeilen bezeichneten feinpunktierten Linie, welche zwei Konterkurven beschreibt mit den charakteristischen gerundeten Konvexbänken *m*, *n*. Aufserdem aber erscheinen zahlreiche

alte Gerinne und früher gebildete Sandbänke, angelagert an alte Auen- und Sumpfmoore, zwischen denen der Strom sich zu verschiedenen Zeiten den Weg gebahnt hat und in allerlei Varianten auch noch später bahnen wird, wenn er sich selbst überlassen wird. Für die Wahl des richtigen Fahrwassers in einem solchen unsteten Bette beachte man folgende Unterscheidung. An Punkten, wo sich der Flufs in zwei oder mehrere Arme teilt, wie in Fig. 7 an den mit *u*, *x* bezeichneten Stellen, folge man jenem Arme, welcher die stärkere Strömung zeigt, und lasse sich nicht verleiten, einfach den breitesten Arm ohne Rücksicht auf die Strömung zu wählen. Der Grund für diese Regel liegt darin, dafs eine starke Strömung nur dort bestehen kann, wo weithin stromabwärts die „Vorflut“ frei ist, d. h. dem Weiterfliefsen des Wassers kein Hindernis querliegt. Hingegen läfst ein schon mit schwacher Strömung beginnender Arm vermuten, dafs er weiterhin entweder blind endigt oder wenigstens einengende und rückstauende Ablagerungen enthält, zwischen denen die Weiterfahrt kaum möglich ist.

In Fig. 7 sind die Arme *u*, *w*, *y*, *z*, dann *x*, *y*, *z* solche Altwässer, in die man, an den Punkten *u* oder *x* angelangt, die Fahrt nicht lenken, sondern der stärkeren Strömung — hier durch die Richtung der Pfeile angedeutet — folgen wird.

Bei jeder Schiffahrt in serpentinierenden Strecken, sei es in den schon oben Seite 727 Fig. 1 und S. 732 Fig. 6 erwähnten, oder in dem hier behandelten Falle, ist besonders noch auf folgende Punkte zu achten.

Wenn die abwechselnd an beiden Ufern — daher schief gegeneinander — liegenden Bänke, zwischen denen der Stromstrich sich schlängelt, eine gröfsere Breite besitzen, so nähern sich ihre dem Strome zugekehrten Ränder so sehr, dafs sie am Grunde mehr oder weniger vollkommen sich vereinigen, wodurch eine das Flufsbett diagonal durchziehende Grundbarre oder Grundschwelle entsteht. Solche Stellen werden auch „Furten“ genannt. Eine Flufsstrecke mit zahlreichen derartigen Krümmungen verhält sich wie ein geschlängeltes Tal, welches von sattelförmigen Querriegeln durchzogen wird.

Je schärfer die Krümmungen sind, desto leichter bilden sich solche untergetauchte Bänke oder Untiefen, welche das Fahrwasser einengen, bei Niedrigwasser oft kaum zu passieren sind und daher besonders die Vorsicht des Schiffers herausfordern. Man wird also an den Stellen, wo eine Krümmung in die andere übergeht (Inflexionsstellen) sich möglichst in der Mitte zwischen den sichtbaren Rändern der beiderseitigen Anlandungen halten,

weil dort am ehesten eine tiefere Senkung der Schwelle, gleichsam ein Paſs, zu erwarten ist.

Ferner ist zu bemerken, daſs die eben geschilderte regelmäſsige Abwechslung des Stromstriches einerseits und der halbmondförmigen oder zungenförmigen Anlandungen andrerseits, dann der Furten bei gekrümmten Fluſsläufen nur dann stattfindet, wenn mit der Krümmung des Fluſsbettes nicht zugleich eine andere, noch einfluſsreichere Konfiguration des Bettes (Abschnitt B.) verbunden ist. Wenn hingegen zugleich eine Verbreiterung oder Verflachung des Bettes gegeben ist, oder der Fall eines Rückstaues eintritt, so wirken diese Umstände gewöhnlich entscheidender als die Krümmung, und es treten in erster Linie jene Ablagerungen auf, welche dem so geänderten Profile entsprechen, wie die schon Seite 725 und 731 betrachteten. So ist die rechtsseitige Kurve in Fig. 3 nicht von einer mit dem entgegengesetzten Ufer zusammenhängenden Anlandung begleitet, sondern es liegt dort eine Mittelbank, weil eben eine Verbreiterung des Bettes beginnt; und in Fig. 5 finden sich Bänke in beiden Konkaven abgelagert, weil der Rückstau dort seine Wirkung übt.

D. Beim Konvergieren zweier Strömungsrichtungen.

Wenn zwei Strömungen, sei es am untern Ende einer Stromspaltung, oder bei der Mündung eines flieſsenden Gewässers, in das andere konvergieren, so resultiert aus dem Zusammentreffen der beiden bewegten Massen eine Richtung, welche zwischen beiden ursprünglichen Strömungsrichtungen liegt und sich, wenn nicht beide gleich stark sind, der Richtung der stärkern nähert. Aber nicht nur die Richtung, sondern auch die Geschwindigkeit wird bei dem Zusammentreffen vermindert, indem jede der beiden Strömungen einen Teil ihrer Kraft durch die seitliche Abdrängung in die neue Richtung verliert.

In der Gegend des Zusammentreffens beider Strömungen muſs also eine mehr oder minder bedeutende Verlangsamung eintreten, wodurch selbstverständlich Anlaſs zu einer Ablagerung gegeben ist. Der Stromstrich wird dadurch von der Stelle des Zusammentreffens nach derjenigen Richtung abgedrängt, welche in der Bewegungsrichtung der stärkeren Strömung liegt; wenn aber beide Strömungen die gleiche Stärke haben, so teilt sich das Fahrwasser nach beiden Seiten der langgestreckten Bank, welche zwischen beiden Strömungen sich gebildet hat. In der Mitte eines und desselben Flusses finden solche Fälle nicht

selten dann statt, wenn Klippen oder Blöcke oder auch festgerannte Baumstrünke, Wracks versunkener Fahrzeuge usw. vorkommen. Dafs an der stromaufwärts gekehrten Seite solcher Objekte durch Rückstauung eine Ablagerung entsteht, wurde schon oben Seite 728 (*m* in Fig. 2) angedeutet; aber auch an der stromabwärts gekehrten Seite tritt eine Ablagerung deshalb auf, weil daselbst die Strömung, welche nach beiden Seiten ausweichen mufste, sich wieder vereinigt, daher wenigstens auf eine kurze Strecke konvergiert und sich dadurch verlangsamt (*n* in Fig. 2). Auf diese Art entsteht oft um ein ursprünglich kleines Hindernis eine langgezogene Bank, die jedoch nicht immer an der Oberfläche sichtbar ist. Man mufs daher einem aus dem Wasser auftauchenden Hindernisse schon aus einiger Entfernung ausweichen, um nicht auf die oberhalb gelegene Untiefe zu geraten und ebenso unterhalb des Objektes entsprechende Vorsicht üben.

Bei der Mündung eines fliefsenden Gewässers in ein anderes treffen sich selbstverständlich auch immer zwei Strömungen in einem kleinern oder gröfsern Winkel, und aus dem ebenerwähnten Grunde pflegen daselbst die bekannten Barren oder Deltabildungen vorzukommen, welche ebenso oder in noch ausgedehnterem Mafse an den Mündungen von Flüssen in stehende Gewässer auftreten.

Bei der Mündung eines Nebenflusses in einen Hauptflufs liegt eine Spitze des Deltas gewöhnlich nahezu in der Mitte des Nebenflusses, der dadurch mindestens in zwei Arme gespalten wird; die zwei andern Spitzen des Dreieckes liegen bereits im Hauptstrome, die eine stromaufwärts, die andre stromabwärts gekehrt; die erstere kürzer und mehr abgerundet, die zweite mehr in die Länge gezogen, und der Stromstrich des Hauptflusses wird selbstverständlich durch das vorgeschobene Delta nach der entgegengesetzten Richtung abgedrängt.

E. Veränderungen, denen die Ablagerungen unterliegen.

Die Veränderungen, welche an bereits gebildeten Ablagerungen vor sich gehen, können entweder

die Oberfläche, oder

die Seitenränder, oder

einen Teil der Substanz durch die ganze Bank hindurch, endlich

die gesamte Masse der Ablagerung

betreffen.

Die Oberfläche wird, wenn nachfolgende Hochwässer bei gleichbleibender Stromverteilung neue Sinkstoffe herbeiführen, erhöht. Wenn jedoch eine stärkere Strömung eintritt, werden die Oberflächenschichten der Ablagerung weggeführt; dieselbe wird erniedrigt, und es liegt dann anstatt einer bei mittlerem oder niedrigerem Wasserstande sichtbaren Bank eine untergetauchte oder Untiefe vor.

Die Seitenränder werden am häufigsten bei Mittelbänken angegriffen; selten hingegen ist dies der Fall bei den Anlandungen an den konvexen Ufern.

Eine bedeutendere Veränderung einer Bank tritt dann ein, wenn sie an einer oder mehreren Stellen durchgerissen wird. Dies geschieht durch eine oft nur vorübergehende Ablenkung der Strömung, am häufigsten bei Mittelbänken und bei dem zungenförmigen Typus der Krümmungsbänke (Fig. 8). Wenngleich in solchen Fällen schmale Rinnen durch dergleichen Bänke gehen und es so aussieht, als ob mehrere regellos zerstreute Bänke vorhanden wären, bleibt doch die vorhin dargestellte Gesetzmäfsigkeit bestehen; die zwei, drei oder mehreren Stücke der ursprünglichen Mittelbank sind eben nicht als einzelne Inselchen, sondern nur als oberflächlich getrennt erscheinende, unten aber noch zusammenhängende Teile einer gesetzmäfsigen Mittelbank oder Krümmungsbank zu betrachten, insbesondere die Stücke, in welche eine zungenförmige Anlandung nicht selten geteilt wird.

Man wird daher beispielsweise in dem Falle, welchen Fig. 8 darstellt, sich nicht verleiten lassen, die obere (dreieckige) Bank *n* als eine besondere Insel aufzufassen.

Was dem ungeübten Auge oft als ein Chaos regelloser Bänke oder Inseln erscheint, wird von demjenigen, welcher mit den Gesetzen der Ablagerung und der Stromrichtungen vertraut ist, in seinem gesetzmäfsigen Zusammenhange aufgefafst.

Schliefslich sind noch die Fälle zu betrachten, in denen ganze Ablagerungen von ihren Plätzen verschwinden. Das kann nur durch eine Verstärkung der Strömung bewirkt werden, und diese wieder kann eintreten entweder durch Vergröfserung des lokalen Gefälles oder durch eine sich vollziehende Umlegung des Stromstriches, wodurch dieser über eine Stelle geleitet wird, an welcher bisher eine Bank lag. Der erste dieser beiden Fälle tritt in gröfserem Mafsstabe bei unregulierten Flüssen nur selten ein, — etwa durch Zerbröckelung und Wegschwemmung oder Durchreifsen eines festen Hindernisses, welches bisher einen Rückstau verursachte. Am seltensten

geschieht es, dafs das Gefälle am oberen Ende einer Weitung sich vergröfsert; Mittelbänke verschwinden also am seltensten, — sie werden höchstens in mehrere Stücke geteilt. In geringem Mafse aber entsteht naturgemäfs eine Verstärkung der Stromgeschwindigkeit dann, wenn nach Hochwasser das Fallen des Wassers in einer unteren Strecke früher eintritt als an der benachbarten oberen, wenn z. B. der Niederschlag und das Zuströmen der seitlichen Gewässer in der unteren Strecke früher aufhört als in der oberen, da hierdurch das Oberflächengefälle vorübergehend vergröfsert wird. Daher werden nicht selten die Bänke, welche während des Hochwassers angetragen wurden, bei rasch sinkendem Wasserstande teilweise durchrissen, zerstückelt, an den Rändern angegriffen oder auch ganz verschoben, welch letzteres jedoch, wie gesagt, bei Mittelbänken am seltensten geschieht — und dasselbe gilt von den sanfter gerundeten Krümmungsanlandungen in festem Terrain, wo die Gestalt der Krümmungen durch felsige Ufer unverrückbar gegeben ist. Dagegen wechselt der Ort der Bänke und des Fahrwassers allmählich durch Umlegung oder Wandern in folgenden zwei Fällen: a) Die ufernahen Bänke bei geradem Verlaufe des Bettes (s. Fig. 1) rücken allmählich, jede an derselben Stromseite, an der sie bisher lag, stromabwärts; dadurch werden auch die Furten und die Kurven, in denen das Fahrwasser zwischen den Bänken serpentiniert, verrückt, derart, dafs nach längerer Zeit gerade dort, wo früher eine Bank lag, eine Auskrümmung des Stromstriches zu liegen kommt und die neue Stromstrichlinie mit der alten nach einer gewissen Zeit und vorübergehend die Gestalt einer Reihe von liegenden „Achten“ (∞) bildet. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Verschiebung fortschreitet, ist sehr verschieden je nach der Stromgeschwindigkeit und dem Detritus; an Rhein und Donau hat man ca. 300 und 200 Meter durchschnittlich für ein Jahr gefunden. Diese Veränderung hat demnach für die erstmalige Beurteilung des Fahrwassers keine wesentliche Bedeutung, ist jedoch von Interesse für den Fall, als man Karten oder Skizzen solcher Flufsstrecken von früheren Reisenden besitzt, wobei man es keineswegs als selbstverständlich annehmen darf, dafs die daselbst etwa verzeichneten Ablagerungen dieses Typus noch an den gleichen Punkten liegen. b) Der zweite Fall einer häufig vorkommenden Umlegung des Stromstriches und Fahrwassers kommt bei den weit abschweifenden Krümmungen in Strecken mit stärkerer Geschwindigkeit und in beweglichem Bodenmateriale vor. Die Kurven werden da, wie schon oben gesagt, allmählich schärfer oder mehr zugespitzt

(Typus Fig. 8), und es tritt endlich ein Moment ein, wo bei plötzlich zunehmender Strömung, z. B. bei rasch von obenher anwachsendem Wasserstande, oder auch bei raschem, von untenher beginnendem Fallen, die zungenförmige Anlandung (*m n* in Fig. 8) mehr oder minder nahe an ihrer Basis, d. h. also näher am entgegengesetzten (hier rechten) Ufer, quer durchrissen wird und dann der Stromstrich durch diesen Rifs geht. Der Rifs bleibt jedoch nicht geradlinig, sondern die nach dieser Seite abgewichene Strömung höhlt auch hier wieder das Ufer aus; es entsteht eine der früheren entgegengesetzte Kurve, und das frühere lebendige Fahrwasser wird zu einem toten Arm, — der übrigens nicht immer gänzlich verlandet, sondern mehr oder weniger tief und z. T. wenigstens bei Hochwasser fahrbar bleibt (Bayous des Mississippi und seiner Nebenflüsse; ähnlich den Armen *w*, *y*, *z* in Fig. 7). Es ergibt sich also auch in diesem Falle ein Wechseln der Krümmungsscheitel von einem Ufer an das entgegengesetzte, ein Sichdurchkreuzen des neuen Stromstriches mit dem alten; der Unterschied besteht aber darin, dafs hier die Umlegung plötzlich und unvorhergesehen eintritt, während im früher betrachteten Falle (*a*) das Wandern der Bänke und des Fahrwassers langsam und in einem für die einzelne Strecke fast gesetzmäfsigen Tempo erfolgt. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dafs im vorigen Falle (a und Fig. 1) die Bänke ihre Stelle wechseln und die Umlegung des Fahrwassers eine Folge davon ist; im zweiten Falle (b und Fig. 7 und 8) hingegen nur das Fahrwasser wechselt, die Bänke aber liegen bleiben und nur zerstückelt werden.

Es dürfte nun das Wesentlichste von demjenigen angedeutet sein, was zur Orientierung über die Vorgänge in einem unregulierten Flufsbette dient, soweit es sich dabei um die Beurteilung des Fahrwassers handelt. Eigene Beobachtung mufs allerdings diese Andeutungen ergänzen, würde aber ohne derlei Fingerzeige erst nach manchen vielleicht bedenklichen Fehlgriffen zum Richtigen führen.

Einige Winke für die Ausrüstung und die Ausführung von Forschungsreisen.

Von

Georg Wislicenus.

Ein kriegserfahrener Admiral sorgte stets dafür, daſs die Mannschaften seiner Schiffe kräftig zu essen bekamen, ehe die Schlacht begann. Jeder ideale Erfolg ist abhängig von den realen Verhältnissen. Wie manche Forschungsreise hat lediglich darum ihr Ziel nicht erreicht, weil sie nicht gehörig mit allem, „was dazu gehört", versehen war.

Die folgenden kurzen Anleitungen sind nur als Hinweise aufzufassen, welche Gesichtspunkte für die Ausrüstung und die Wahl der Beförderungsmittel ungefähr zu gelten haben; sie können nicht erschöpfend sein, weil sich die Reisemittel fortwährend in allen Ländern verändern, vervollkommnen. Aber weil sie auf älteren Erfahrungen beruhen, können sie dem, der zum ersten Male selbst in fremde Länder reist, nützlich sein und hier und da auch vor Schaden bewahren.

Wahl des Reisewegs wird meist vom Zweck der Reise und der verfügbaren Zeit abhängen. Wer in ferner Gegend Forschungen ausführen will, wird, wenn ihm die Zeit knapp ist, auf den Hauptverkehrswegen dahin zu kommen suchen. Wer die Wahl zwischen Bahnfahrt und Dampferfahrt hat, sage sich, daſs eine lange Seereise stets einer langen Bahnreise vorzuziehen ist, weil das Leben auf dem Dampfer eine Erholung ist, wie sie namentlich Binnenländern nur selten geboten wird.

Seekrankheit ist bei einiger Willensstärke leicht zu überwinden und zeigt sich auf den groſsen Dampfern unsrer Zeit nur als schnell vorübergehendes leichtes Unwohlsein, ähn-

lich wie nach etwas reichlichem Genuſs geistiger Getränke. Je weniger Bedeutung man diesem geringfügigen Übel beilegt, desto schneller überwindet man es. Es empfiehlt sich, bei unruhigem Schiff den Magen nie ganz leer werden zu lassen, also auch zwischen den Mahlzeiten Butterbrote, Kakes, Schokolade oder ähnliches zu essen, aber alkoholische Getränke, auſser Rotwein, zu meiden. Kaffeegenuſs führt leicht Explosionen hervor; dagegen ist Tee mit einigen Zitronenscheiben oder etwas Zitronensaft sehr wohltätig. Man suche die ersten Anwandlungen des Übels an Deck in bequemer Ruhelage in der Längsschiffsmitte zu überwinden, da die unfrische Luft in den unteren Räumen leicht verhängnisvoll werden kann. Wenn nötig, zwinge man sich zum Essen, um nicht an Widerstandskraft zu verlieren. Den Magen halte man warm, wenn nötig: mit Leibbinde. Falls das Blut vom Kopfe zurücktritt, sollen nach Eugen Wolf heiſse Umschläge (Handtuch in Wasser von 80 ° C. getaucht und ausgerungen) fest um die Stirn gewickelt wohltätig sein; dazu trinke man dünnen bitteren Tee mit Röstbrot. Sicherster Schutz für willensschwache Personen, die von der Seekrankheit befallen werden, ist der Aufenthalt in einer längsschiffs aufgehängten bequemen Hängematte, deren Kopfende etwas höher als das Fuſsende hängen muſs.

Deutsche Dampferlinien sollten von deutschen Forschungsreisenden stets bevorzugt werden. Das Reichskursbuch gibt genaue Auskunft über die verschiedenen Linien, ihre Fahrzeiten, Anlaufshäfen und Fahrpreise. Für nähere Auskunft und wegen besonderer Abmachungen wende man sich an die Geschäftsstellen der einzelnen Dampferlinien in Berlin, Hamburg, Bremen. Man beachte, daſs man heutzutage auf regelmäſsigen deutschen Dampferlinien nach allen wichtigen Häfen Ruſslands, Schwedens und Norwegens, Groſsbritaniens, Frankreichs, Spaniens und Portugals, nach Madeira, den Kanarien und Kap Verdeschen Inseln, nach Kanada, den Vereinigten Staaten, Westindien und Mittelamerika sowie nach allen Seehäfen Südamerikas und der ganzen Westküste von Amerika gelangen kann; ferner nach allen wichtigen Häfen des Mittelmeers und des Schwarzen Meeres, nach allen afrikanischen Häfen, nach Ostasien und Australien, unter Anlaufen einiger indischer Häfen. Wo in nordeuropäischen Gewässern die deutschen Linien nicht ausreichen, wähle man schwedische, finnische, norwegische und dänische Dampferlinien, die den deutschen nicht nachstehen. Im Mittelmeer wird man zuweilen beim Besuch einzelner Punkte ebenfalls auf fremde Linien angewiesen sein; dann wird man den Österreichischen Lloyd

(in Triest), die vielen Linien der „Navigazione Generale Italiana“ (Direktion in Genua), die französische „Messageries Maritimes“ (Marseille) oder auch die ägyptischen Postdampfer gegen andre Linien vorziehen können. Über andre fremde Dampferlinien hole man sich erst Auskunft beim deutschen Konsul des Abfahrtshafens, da man manchmal dadurch schlimme eigne Erfahrungen sich sparen kann. Besonders die Reinlichkeit und Verpflegung läfst auf fremden Dampfern zuweilen sehr viel zu wünschen übrig, aber auch die Zuverlässigkeit in nautischer Hinsicht. Auf holländischen und englischen Dampfern ist die Sauberkeit, auf französischen die Verpflegung meistens fast ebenso wie auf den deutschen; bei allen andern Flaggen wird man nur geringere Ansprüche stellen dürfen.

Man beachte, insbesondere wenn man mit vielen Instrumenten und Vorräten aller Art abreist, dafs man für sehr viele überseeische Häfen, die von regelmäfsigen (im Reichskursbuch also nicht angegebenen) deutschen Personendampfern nicht angelaufen werden, doch mit Bestimmtheit oder je nachdem durch Zufall darauf rechnen kann, dafs solche Häfen von deutschen Frachtdampfern, sei es in regelmäfsiger, sei es in sogenannter wilder Fahrt, angelaufen werden. Man hat dann Aussicht, verhältnismäfsig billig, wenn auch langsamer als auf Postdampfern, an seinen Bestimmungsort zu gelangen. Oft überwiegt der grofse Vorteil, wertvolle und empfindliche Instrumente nicht mehrmals umladen zu müssen, schon den Nachteil einer Verlängerung der Reise auf einem langsameren Frachtdampfer. Die meisten deutschen Frachtdampfer sind darauf eingerichtet, einige Reisende in der Kapitänskajüte mitzunehmen. Zuweilen findet man im Auslande auch durch kleinere deutsche Zwischendampfer oder Frachtdampfer Anschlufs an eine Hauptlinie. Über diese jahraus, jahrein, ja oft in sehr kurzen Zeiträumen sich ändernden Fahrgelegenheiten wird man stets die beste Auskunft bei einer gröfseren Schiffsmaklerfirma in Hamburg oder Bremen erhalten. Die Wochenschrift: „Schiffsnachrichten“ (Hamburg) belehrt fortlaufend über die wichtigsten derartigen Fahrgelegenheiten nach allen Weltgegenden.

Stationsschiffe der deutschen Marine sind bei besonderen Gelegenheiten schon in einzelnen Fällen angewiesen worden, deutschen Gelehrten behilflich zu sein, sie auch zuweilen mit ihrer Ausrüstung an Bord zu nehmen und in einen von ihnen zu besuchenden, dem allgemeinen Verkehr fernliegenden Hafen überzuführen. Anfragen für solche Gelegenheit sind im Auslande stets durch die deutschen Konsulate auszuführen; am besten aber wird man schon vor Aufstellung des

Reiseplans zunächst sich mit der Nachrichtenabteilung des Reichsmarineamts (Berlin) in Verbindung setzen und wird dann, falls von dieser Stelle die Möglichkeit einer solchen Unterstützung in Aussicht gestellt wird, an den Herrn Staatssekretär des Reichsmarineamts einen förmlichen Antrag unter näherer Begründung des Zwecks der Reise einreichen. Da meist verschiedene Behörden über die Zweckmäfsigkeit der Genehmigung zu urteilen haben, dürfen solche Anträge natürlich nicht im letzten Augenblicke kurz vor der Abreise erst gestellt werden. In Ausnahmefällen werden auch fremdländische Kriegsschiffe, insbesondere die stets sehr hilfsbereiten englischen und nordamerikanischen Stations- und Vermessungsschiffe zu gelegentlicher Beihilfe dienlich sein können. Wo die Stationsschiffe der verschiedenen Seemächte sich aufhalten und welche Reisewege sie vorhaben, wird man ebenfalls ausnahmsweise bei genauer Angabe des wissenschaftlichen Ziels der eignen Unternehmung von den fremden Konsulaten oder den Kolonialregierungen ermitteln können.

Bemerkungen über die Ausrüstung zur Reise. Je weniger Gepäck, desto besser, besonders wenn man ein Reiseziel hat, das häufigen Wechsel der Fahrgelegenheit bedingt. Gröfsere Gepäckstücke wird man oft billiger als Frachtgut vorausschicken können. Auf den meisten Dampfern kann man nur die Schiffskoffer von besonderer Form mit in die Kabinen nehmen; gröfsere werden im Ladungsraum verstaut, doch den Reisenden auf Wunsch etwa wöchentlich einmal zur Verfügung gestellt, wenn das Wetter es erlaubt. Die Mitnahme von Hunden und andern Tieren erfordert stets besondere Vereinbarung. Zwei bequeme Reiseanzüge, ein leichter, ein wärmerer, sind für Seereisen mindestens erforderlich, am besten aus sehr haltbarem Wollstoff. Für Tropenreisen dazu weifse Waschanzüge; ferner reichlich Unterzeug und Hemdenwäsche. Einzelheiten über die Ausrüstung erfährt man jetzt am zweckmäfsigsten bei den grofsen Firmen, die für unsre Kolonialtruppen arbeiten und daher imstande sind, jede Art von Reiseausrüstung, besonders auch für die Tropenländer, sehr schnell und zweckmäfsig zu liefern, auch zweckmäfsig zu verpacken und zu versenden. Man vergesse dabei weder Gesellschaftsanzug noch Reitanzug sowie praktische, in der Hitze nicht verderbende wasserdichte Regenmäntel, Schlafsäcke und Zelteinrichtung. Schwarzer Frackanzug ist im Auslande viel nötiger als bei uns zu Hause, da fast in allen fremden Ländern bei Besuchen, Einladungen, im Klub und zuweilen auch bei Gasthofsmittagessen viel mehr auf äufsere Formen gegeben wird als bei

uns. Zum Reitanzug werden vielfach tüchtige gelbe Schnürschuhe mit bequemen Gamaschen oder Wickelbändern den schweren Reitstiefeln vorgezogen. Derbe Reithose ist unentbehrlich, dazu Flanellhemd oder weifse Flanelljacke und Tropenhelm für längere Ritte allenfalls ausreichend. Man beachte, dafs Glacéhandschuhe schnell verderben in feuchtem, heifsem Klima, wenn sie nicht in Blechbüchsen verlötet sind. Zigarren und Tabak müssen in Stanniol verpackt werden, ebenso andre Sachen, die unter Feuchtigkeit leiden: Chemikalien usw. luftdicht abschliefsen! Vorrat an besten schwedischen Streichhölzern, Seife, Handtüchern, Klosettpapier, japanischen Papierservietten, trockener Tinte (die nur mit warmem Wasser angerührt zu werden braucht), Stahlfedern, Bleistiften, Filtrierpapier, Hosenknöpfen, Nadeln und Zwirn, starkem Bindfaden: etwas Draht, Reserve-Hemdknöpfchen, Wachsstock; reichlich Visitenkarten mit aufgedruckter heimischer Adresse und Lebensstellung (in lateinischen Buchstaben), Notizblöcke, dünnes überseeisches Briefpapier mit dünnen, aber undurchsichtigen Briefumschlägen; einige Reifszwecken und Nägel; Tusche und Wasserfarben nebst Näpfchen und Pinselvorrat; Angelschnur und Angelhaken nach Bedarf; Gewehr- und Revolverpatronen (nicht zuviel und nicht zuwenig und vor der Reise geprüfte!); Lichter für eine Sturmlaterne und eine Zeltlaterne mit Reflektor; Tee, Zucker, Salz, Zitronensäure, Schokolade und andre Lebensmittel nach Bedarf.

Zu den unentbehrlichen kleinen Gegenständen für eine Forschungsreise gehören: ein kräftiges Taschenmesser mit Kork- und Schraubenzieher und Dosenbrecher (für Konservenbüchsen), ein guter, nicht zu kleiner Revolver, in Ledertasche am Gürtel, unter der Jacke zu tragen, oder noch besser eine der neuen Mauserpistolen (Selbstlader): Büchse oder Jagdgewehr ist nach dem Zweck der Reise sorgfältig auszuwählen. Den Revolver lege man in unsicherem oder verdächtigem Nachtlager nicht unter das Kopfkissen, sondern so, dafs man ihn sofort mit der rechten Hand schufsbereit fassen kann. Im Notfalle zögere man nicht zu lange damit, einen Alarm- oder Schreckschufs abzufeuern, schon um nachts die Lage zu beleuchten! Ein gutes Doppelglas ist unentbehrlicher als ein terrestrisches Fernrohr, weil bei jeder Beleuchtung zu benutzen; sehr zu empfehlen für Tag- und Nachtgebrauch sind die sogenannten „Nachtgläser“ der Marine. Man kaufe nie ungeprüfte Instrumente: dies gilt auch für den Reisekompafs und den Aneroidbarometer, die für jeden Reisenden (auch wenn er keine Bergbesteigungen unternimmt und keine Wetterbeobachtungen machen will) unentbehrlich sind. Zelt- und Sturmlaterne, für Kerzen-

und Ölbeleuchtung je nach Bedarf eingerichtet, müssen ebenfalls vor der Reise erprobt sein, wenn man viel Ärger sparen will, ebenso ein zweckmäſsiger Teekocher für Spiritus mit Kessel und Wasservorratsbehälter je nach Art der Reise; Trinkflasche und Trinkbecher, beide unzerbrechlich, am besten aus Aluminium; überhaupt bedenke man, daſs jedes Gerät, das man aus Aluminium herstellen lassen kann, sehr viel Gepäckgewicht spart. Als Zeltstangen ist Bambus am leichtesten und haltbarsten, aber man kann auch Aluminiumröhren dazu verwenden, die ineinandergeschoben werden. Ein heller groſser Schirm, mehr gegen Sonne als gegen Regen, ist für Tropenreisende ganz unentbehrlich; ferner Moskitonetze und Helmschleier sowie für empfindliche Augen Sonnen- und Schneebrillen mit grünen Gläsern. Die Ausrüstung für Polarforscher ist in jedem der neueren Polarwerke sehr ausführlich beschrieben, braucht hier also nicht erwähnt zu werden. Eine wasserdicht verschlieſsbare Mappe für Reisekarten, Reisetagebuch und andre Schriftsachen ist ebenso unentbehrlich. Wenn man bei Reisen ins Innere unbekannter oder wenig bevölkerter Länder sein von Trägern oder Lasttieren befördertes Gepäck in luft- und wasserdichten Säcken unterbringen kann, die infolge innerer Hohlräume (durch Reifen im Sack zu gewinnen) auf dem Wasser gut schwimmen, kann man das Gepäck zur Herstellung eines Floſses benutzen, um über Flüsse und Seen zu setzen; die sämtlichen Säcke müssen gut miteinander verkoppelt werden, die Zeltstangen dienen dabei als Verbindungsbalken, einige auch als Ruder und Masten, an denen man das Zelttuch als Segel ausspannen kann. Diese Andeutung möge genügen, um darauf hinzuweisen, daſs eine im voraus gut vorbereitete Auswahl der Gepäckeinrichtung mancherlei Hilfsmittel bietet, um den wissenschaftlichen Zweck der Reise zu begünstigen und zu fördern. Mancher Forschungsreisende ist lediglich infolge unzweckmäſsiger Ausrüstung nicht zu seinem Ziele gekommen oder hat gar seine Unerfahrenheit oder zu geringe Sorgfalt in der Vorbereitung der richtigen Reiseausrüstung mit dem Leben gebüſst. Auch der anscheinend geringfügigste Gegenstand, ein Streichholz, eine Konservenbüchse, ein Medikament oder eine Patrone mehr, kann in schwierigen Lagen, fern von den Stätten europäischer Gesittung zuweilen zum Lebensretter werden! Nach diesem Grundsatz arbeite man einen sorgfältigen Ausrüstungsplan aus und lasse ihn von Sachverständigen, womöglich von Männern der Wissenschaft, die Erfahrung in Forschungsreisen mit ähnlichen Zwecken wie der eigenen haben, nochmals durchprüfen!

Sehr wichtig, und nur mit Hilfe eines sachverständigen Arztes für jeden einzelnen Fall unter Berücksichtigung des Reiseziels und der Persönlichkeit des Reisenden aufzustellen, ist die Ausrüstung mit Medikamenten. Dabei vergesse man nicht Drogen für die Heilung wundgescheuerter Haut und Vorbeugemittel gegen endemische und epidemische Krankheiten der Gegenden, die man besucht.

Reisen in den nordeuropäischen Ländern gleichen am meisten den Reisen in Deutschland selbst. Beste Reisezeit von Mitte Juni bis Mitte September, im Hochgebirge und im hohen Norden aber nur von Mitte Juli bis Mitte August. Besonders günstig zu Landreisen sind die hellen Sommernächte im Juni und Juli. Mitternachtssonne am Nordkap von Mitte Mai bis Mitte August. Für Reisen in Lappland und Finmarken ist auch im Sommer warme Wollkleidung (Flanellhemd, wollene Strümpfe, Lodenmantel) anzuraten; dazu Rucksack für das Handgepäck, Bergstock und Mückenschleier, genagelte Schnürschuhe mit wasserdichten Gamaschen. Kosten für eine einmonatige Reise etwa 600 Mark; Reisepafs ist nicht nötig, Pafskarte zuweilen zweckmäfsig. Verkehrssprache ist leicht anzueignen, soweit für das nötigste Verständnis erforderlich. Man beachte die zahlreichen billigen Dampferreisegelegenheiten mit guter Verpflegung. Für Radler bietet Mittelschweden beste Gelegenheiten. Die Touristenvereine in Christiania und Stockholm geben für Nordlandreisen im Lande Auskunft. Norweger und Schweden sind sehr höflich und zuvorkommend, erwarten dabei aber gleiche Lebensart und sind durch herrisches oder unruhiges Wesen leicht verletzt. Während man in Norwegen Landreisen meist auf kleinen Wagen ausführen kann, ist man in Nordschweden und Lappland auf Pferde und Bootsgelegenheiten auf Flüssen und Seen angewiesen. Ziemlich beschwerlich sind Landreisen auf Island, wo z. B. Flüsse zu Pferde durchschwommen werden.

Reisen in Rufsland. Beste Reisezeit Mitte Juni bis Ende August für Nordrufsland einschliefslich Finnland; für Südrufsland Frühsommer und Herbst (Hochsommer ist sehr heifs); für den Kaukasus Hochsommer sowie bis Oktober; für Turkestan Mitte März bis Ende April und Mitte August bis Anfang Oktober; für Sibirien Mitte Mai bis Mitte Juni sowie August; für die Mandschurei September. Reiseanzug darf nicht zu leicht sein; man rechne in ganz Rufsland zu jeder Jahreszeit auf sehr starke Unterschiede in der Witterung; auch im Hochsommer sind kalte Nächte zu erwarten, andrerseits im Sommer drückend heifse, tropische Tage. Etwas eigenes Bett-

zeug, Kopfkissen und leinene Laken, ist zweckmäfsig. Grofser Vorrat an Insektenpulver ist nötig. Pelzwerk und gefütterte Gummischuhe im Winter unentbehrlich, auch im Sommer der schlechten Landwege halber wasserdichtes Schuhzeug (Gummistiefel, Gummigamaschen). Man meide überall ungekochtes Wasser und trinke gegen Durst nur Tee. Typhus und andre Fieber sind nicht selten, letztere besonders an den Küsten des Schwarzen Meeres. Chinin wird als Vorbeugemittel empfohlen. Als Reisekosten rechne man ohne die Bahnfahrt im europäischen Rufsland 10 bis 15 Rubel täglich, im asiatischen gegen 20 Rubel; man sei stets reichlich mit russischem Kleingeld (der vielen Trinkgelder wegen) vorsehen, trage aber nicht grofse Summen bei sich, sondern nehme Kreditbriefe für Bankhäuser in gröfseren Plätzen mit. Bei Einkäufen mufs man, besonders im Kaukasus und im asiatischen Rufsland, gehörig herunterhandeln. Man mufs nie merken lassen, dafs man es eilig hat, wenn man um Fuhrlohn und dergl. handelt. Sehr strenge Pafsvorschriften müssen genau beobachtet werden, sowohl für den Eintritt nach Rufsland wie für den Austritt; man erkundige sich darüber vorher genau bei den russischen Berufskonsuln oder Gesandtschaften in Deutschland, die den Pafs ausstellen und beglaubigen; auch die Gepäck- und Zollschwierigkeiten sind kaum irgendwo gröfser als in Rufsland. Den Pafs, der stets nur sechs Monate gültig ist, trage man stets bei sich; bei längerem Aufenthalte mufs man sich einen russischen Aufenthaltsschein von den Landesbehörden ausstellen lassen, aber vor der Abreise dann sich doch noch bei der Polizei abmelden und auf den alten Pafs die Bewilligung zum Verlassen Rufslands eintragen lassen. Auf das Gepäck mufs man gut achten; es nachschicken zu lassen oder vorauszuschicken ist nicht unbedenklich. Vorsicht bei der Auswahl der mitgeführten Bücher und Zeitschriften ist dringend anzuraten; auch sollte man Zeitungspapier nie zum Einwickeln von Reisesachen benutzen, wegen der strengen Zensur. Sobald man die Hauptreisewege und die grofsen Städte verläfst, ist man vollständig auf den Gebrauch der russischen Sprache angewiesen; trotzdem sie schwer zu lernen ist, versäume man nicht, sich das Notwendigste von ihr für den Verkehr vorher anzueignen. Sehr förderlich für den Reisezweck sind gut begründete Empfehlungen an russische Landesbehörden sowie an hohe Staatsbeamte oder Fürstlichkeiten. Bei Schwierigkeiten mit russischen Behörden wende man sich an einen deutschen Konsul oder, wo solcher nicht da ist, an den eines andern europäischen Landes.

In der Krim und im Kaukasus ist man für Landreisen auf

Postwagen, Mietswagen oder Reitpferde angewiesen. Bei Fuſsreisen nehme man stets zuverlässige Führer mit Sprachkenntnissen mit: im Kaukasus miete man einen empfohlenen Diener, der auſser Russisch noch Armenisch, Tatarisch oder Grusinisch spricht, und der kochen kann. Zuweilen ist es vorteilhafter, Pferde für die Reise zu kaufen, als sie nur zu mieten: dann ist eigenes Sattelzeug von Nutzen. Wer auf Nebenwegen reist, muſs auch mit Lebensmitteln (Schiffszwieback, Fleischkonserven, Erbswurst, Fleischextrakt, kondensierter Milch, Schokolade, Tee, Zucker) sowie mit Schlafdecken, Laternen, Verbandzeug, Beil (zum Holzhacken) usw. versehen sein, wird also je nach Zeitdauer der Reise auch einige Lastpferde brauchen. Für Bergbesteigungen sind auſserdem Schlafsack, Zelt und Kochgeschirr erforderlich sowie Hammer und Schuhnägel. Im kaukasischen Hochgebirge kommt viel Fieber bei den Eingeborenen vor. Man sorge für warmes wollenes Unterzeug, wegen der starken Abkühlung abends. Schwierigkeiten bereitet das Überschreiten der Gebirgsgewässer; die Gebirgswege sind meist für Pferde passierbar. Man hüte die Pferde nachts gut gegen Diebstahl. Das Gepäck muſs in wasserdichten Säcken untergebracht werden: schweres Gepäck wird auf Fahrstraſsen in zweirädrigen Büffelkarren befördert. Mit der öffentlichen Sicherheit ist es im Kaukasus schlecht bestellt: man meide es, allein zu reisen, und hole sich Erlaubnis zum Waffentragen beim Gouverneur. Auf Gastfreundschaft bei den Gebirgsvölkern ist wenig zu rechnen; man halte aber einige kleine Geschenke für solche Fälle; wo keine Bezahlung angenommen wird, bereit.

In Turkestan ist groſse Vorsicht gegen ungekochtes Wasser nötig: auch das Waschwasser muſs man desinfizieren, wegen verschiedener dortiger Krankheiten. Der Gegensatz zwischen Tag- und Nachtwärme ist sehr groſs: im Sommer sind Hitze und Staub sehr beschwerlich. Reiseanzug aus Khakistoff mit rohseidenem oder wollenem Unterzeug: Staubbrille, Sattel, Bettwäsche, Kopfkissen, Vorrat an Kakes oder Schiffszwieback sind unentbehrlich. Man tut gut, aus Kaukasien einen Persisch sprechenden Dragoman mitzunehmen.

In Sibirien muſs man bei Sommerreisen auch leichten Taganzug mit wollenem Unterzeug und warmem Überrock haben; Mückenschleier und Revolver sind unentbehrlich. Man hüte sich auch während der Bahnfahrt vor Diebstahl. Die Gasthäuser sind schlecht und teuer.

R e i s e n i n d e r T ü r k e i. Beste Reisezeit Frühling und Herbst: November bis April ist schlecht, Sommer ist heiſs: Paſs ist unentbehrlich, muſs vom türkischen Konsul in Deutsch-

land beglaubigt sein. Zollbehandlung sehr schwierig und nachlässig, kann durch Trinkgelder gebessert werden; Waffeneinfuhr verboten, daher darf man den eigenen Revolver nicht sehen lassen. Wo Schwierigkeiten entstehen, suche man sofort beim eigenen oder einem befreundeten Konsul um Abhilfe nach; auch bei der Wahl von Führern, bei Einkäufen usw. beachte man den Rat des Konsuls oder ansässiger Deutscher. Für Ausflüge ins Innere verschaffe man sich Erlaubnisschein durch das Konsulat und beantrage in unsicheren Gegenden Polizeibegleitung. Beförderungsmittel sind Reit- und Lastpferde, seltener Esel, zweirädrige Büffelkarren, stellenweise auch Kutschen mit Pferden bespannt. Man hüte sich auch im Sommer vor Erkältungen, vor Sonnenstich und Fieber. Näheres siehe „Meyers Reiseführer für Türkei, Serbien und Bulgarien“ (Leipzig 1902).

Reisen in Ägypten. Beste Zeit November bis März: November ist der schönste Monat; im Dezember und Januar kann man Heizung mit tragbaren Öfen brauchen; Februar und März sind ebenfalls vorzüglich, wie milder europäischer Sommer. Auch Oktober ist gut. Pafs ist mitzunehmen. Bei grofser Hitze trage man leichte Tropenkleidung, Sonnenbrille und benutze den Sonnenschirm. Nach Sonnenuntergang hüte man sich vor Erkältung. Das Klima von Oberägypten ist am gesündesten. Fieber und Dysentrie kommen nur selten vor: rohes Trinkwasser ist zu meiden. Überlandreisen und Nilreisen am besten in gröfserer Gesellschaft. Bei Bootsreisen rüste man sich sorgfältig aus mit Mundvorrat aller Art, Laternen und Lichter, Insektenpulver, Medizinvorrat, Kampfer gegen Ungeziefer, Tabak, Revolver. Einige arabische Sprachkenntnisse sind sehr nützlich. Näheres siehe „Meyers Reiseführer für Unter- und Oberägypten, Obernubien und Sudân“ (Leipzig 1904).

Reisen in Palästina und Syrien. Beste Zeit März bis Mai, doch auch Juni und Oktober sind gut. Pafs ist unentbehrlich. Als Goldgeld französische 20 Frcs-Stücke, dazu türkisches Silber- und Nickelgeld. Für Reisen im Innern besorge man sich durch das deutsche Konsulat einen zuverlässigen Dragoman. Man ist viel auf anstrengende Ritte angewiesen, aber selten gezwungen, im Freien zu übernachten. Näheres siehe „Meyers Reiseführer für Palästina und Syrien“ (Leipzig 1904).

Reisen in Kleinasien sind nur mit Pafs, Dragoman und in gröfserer, bewaffneter Gesellschaft zu empfehlen, da schon in der Umgegend gröfserer Städte, wie Smyrna, räuberische Überfalle nicht selten sind. Man ist abseits der Bahnlinien meist auf anstrengende Ritte angewiesen. Näheres siehe

„Meyers Reiseführer für Griechenland und Kleinasien" (Leipzig 1901).

Reisen in Arabien erfordern ebenfalls einen zuverlässigen Dragoman und Anschlufs an eine grofse Pilgerkarawane; in kleiner Gesellschaft die Wüste zu kreuzen, ist nicht ausführbar, wegen der Feindseligkeit der Bewohner. Die Ausrüstung mufs Zelt und Zeltbett mit Moskitovorhängen, wasserdichte Packsäcke, Sattelzeug, Waffen, Sturmlaterne, Kochgeschirr, Wasserfilter, Mundvorräte für mindestens die doppelte Zeit der vorausberechneten Reisedauer, Insektenpulver, Medizin, Brennholz u. dergl. umfassen. Empfehlungsschreiben an Behörden sind nützlich. Die Kosten der Wüstenreisen sind hoch.

Reisen von Kleinasien oder Syrien zum Persischen Golf sind sehr lohnend, aber sehr gefahrvoll; selbst grofse Karawanen haben unter Hitze, Wassermangel und Feindseligkeit der Beduinen sehr zu leiden. Grofse Vorsicht erfordert der Umgang mit den Eingeborenen. Zur Reise auf dem Tigris werden bis Bagdad immer noch, wie zu Moltkes Zeiten und im Altertum, Flöfse von Schläuchen oder Tierhäuten benutzt. Näheres gibt Freiherr von Oppenheimers „Durch den Gauran, die Syrische Wüste und Mesopotamien" (Berlin 1899 u. 1900).

Reisen in Tripolitanien sind ebenfalls sehr gefährlich; erforderlich Pafs und Anschlufs an eine Karawane zuverlässiger Araber; Reitpferd, Diener; Gepäck auf Kamelen. Empfehlungen an Behörden erwünscht: zuweilen ist Begleitung von Polizeisoldaten in sehr unsicheren Gegenden nötig.

Reisen in Algerien und Tunesien. Beste Zeit September bis Mai. Pafskarte genügt. Ehe man ins Innere reist, lasse man sich durch Vermittlung des deutschen Konsuls vom Chef du Bureau Arabe Empfehlungsbriefe an die Ortsbehörden im Innern geben, um gute Unterkunft und gute Pferde zu bekommen: auch militärische Begleitung wird in unsicheren Gegenden gestellt. Näheres siehe „Meyers Reiseführer für Riviera, Südfrankreich, Korsika, Algerien und Tunis" (Leipzig 1904).

Reisen in Marokko erfordern sehr grofse Vorsicht wegen der Feindseligkeit der Eingeborenen in vielen Teilen des Landes. Man ziehe vorher genaue Erkundigungen bei Kennern des Landes und bei der deutschen Gesandtschaft in Tanger ein. Besonders unsicher sind die Gebirgsgegenden. Das Klima ist fast überall gesund für Europäer. Arabische Sprachkenntnisse sind erforderlich. Auch in ruhigen Zeiten ist militärische, zuverlässige Begleitmannschaft und das Reisen nur in gröfserer Gesellschaft anzuraten. Man hüte sich vor

dem Betreten von Moscheen; die fanatische Bevölkerung hat auch Mifstrauen gegen Photographieren. Man zeige nicht mit Fingern auf Menschen oder geheiligte Plätze (Grabtürme usw.); man blase kein Licht aus, sondern ersticke es; man sei nie eilig, neugierig oder auffällig unruhig, sondern stets ruhig und gleichgültig und versäume nie die höflichen Anrede- und Danksagewendungen im Arabischen, um Mifshelligkeiten zu meiden. Überhaupt studiere man den Volkscharakter möglichst genau zunächst in einer Küstenstadt, ehe man sich ins Innere wagt. Das Verkehrswesen ist schlecht entwickelt; man ist meist auf Anschlufs an Kamel-, Maultier- und Eselkarawanen angewiesen, wenn man viel Gepäck hat; selbst von Tanger nach Fez mufs man Zeltgerät und viele Trag- und Reittiere nebst zahlreicher Bedienung mitnehmen. Näheres wird man durch die Marokkanische Gesellschaft in Berlin erfahren können.

Reisen in Westafrika sind beschwerlich und fordern genaue Kenntnis der geographischen Reiseliteratur. Die Westküste Afrikas hat als Reisegegend keinen guten Ruf; ihr Klima ist tropisch und ungesund und bietet für Europäer viel Schwierigkeiten, sobald er das bequeme Schiffsleben hinter sich hat. Die Ausrüstung mufs deshalb schon in der Heimat sehr sorgfältig und unter Zurateziehen erfahrener Afrikaforscher gewählt werden. Die folgenden Winke sind daher nur als ganz ungefährer Anhalt zu betrachten. Man mufs sich mit allem versehen, was ein Forscher in unbekanntem Tropenland nötig hat, und mufs im voraus Vorbeugemafsregeln gegen klimatische Fieber treffen. Im Gebirgslande im Inneren trifft man auf gesündere Gegenden mit weniger Fieber. Trotz allem bietet Afrika für gesunde, kräftige und enthaltsame, kernige Naturen im Vergleich zu andern tropischen Ländern keine besonders grofsen Gefahren. Manche der allgemeinen, Seite 742 und 743 gegebenen Regeln lassen sich auch für Afrikareisende entsprechend verwerten. Meist ist man auf Neger als Träger angewiesen, die die Europäer und ihr Gepäck in Hängematten (machillas) tragen. Das tägliche Leben mufs möglichst so eingerichtet werden, dafs Überanstrengungen, übermäfsiger Kräfteverlust vermieden werden. Die Hygiene der Reisen in Afrika mufs geradezu studiert werden. Nach Möglichkeit mufs der Reisende ungesunde, feuchte, Miasmen entwickelnde Gegenden meiden; man schlafe nie in freier Luft oder direkt auf dem Boden. Man trage stets Flanellanzüge und auch, wo nötig, wollene Leibbinden, meide alle Alkoholgetränke und meide auch das durstmachende Rauchen, achte auf das leichteste Unwohlsein und behandle es. Trinkwasser mufs stets filtriert

und abgekocht werden. Man setze sich nicht zu lange den Sonnenstrahlen aus und wähle zum Ausruhen oder als Nachtlager stets nur hochgelegene, trockene Plätze. Grofse Sorgfalt ist auf Körperpflege zu verwenden: tägliche Bäder und häufige Waschungen im abgeschlossenen Zeltraum in zusammenlegbarer Kautschukbadewanne — Duschen und darauf tüchtiges Abreiben des ganzen Körpers — werden von erfahrenen Afrikareisenden empfohlen. Wasser ist fast stets zu haben. Die Kälte der Nächte im Gegensatz zur Tageswärme fordert besondere Vorsicht, um gefährliche Dysenterieanfälle zu vermeiden, die durch alkoholhaltige Getränke auch hervorgerufen oder verstärkt werden können. Kaffee ist das beste Getränk für Afrika, besonders kalt und verdünnt, auf anstrengenden Märschen. Diät ist bei Dysenterie sehr wichtig; die ersten Anfälle lassen sich oft durch Reiswasser und Opium beseitigen. Auch parasitäre Hautkrankheiten (Ochsenwurm) und Augenentzündungen befallen Europäer im Innern. Man beachte auch, dafs die Neger sehr häufig syphilitisch sind. Zuweilen ruft das Klima auch starke Nervenreizbarkeit hervor, die, vermehrt durch Mifsbrauch von Chinin, sehr gefährlich für die Gemütsstimmung werden kann. Näheres siehe unter anderm in: August Boshart, „Zehn Jahre Afrikanischen Lebens“ (Leipzig 1898); v. Wissmann, „Afrika. Schilderungen und Ratschläge zur Vorbereitung für den Aufenthalt und den Dienst in den deutschen Schutzgebieten“ (Berlin 1903); v. Liebert, „Neunzig Tage im Zelt“ (Berlin 1897); Schwabe, „Mit Schwert und Pflug in Deutsch-Südwestafrika“ (Berlin 1899), derselbe, „Dienst und Kriegführung in den Kolonien und auf überseeischen Expeditionen“ (Berlin 1903).

Reisen in Südafrika. Die Sommermonate, Oktober bis März, sind wie in Süddeutschland, aber regenreich; die Wintermonate sind im Inneren frisch, klar und kräftig. Gewisse Gegenden haben vorzügliches Klima für Lungenleidende: in einigen Gebieten kommen auch Fieber vor. Um Malaria zu meiden, sollte man das Land nicht während oder kurz nach der Regenzeit bereisen; die Regenzeit ist verschieden: in den östlichen und nördlichen Gegenden (Küste ausgenommen) meist im Sommer, in den westlichen Gegenden und an der Küste meist im Winter. Vorsicht bei Auswahl der Reiseplätze und Nachtlager. Nahrhafte, doch mäfsige Lebensweise. Kleidung stets mit wollenem Unterzeug; Winteranzug wie in Deutschland für den Sommer, dazu leichtere Kleidung und Regenmantel. Reisen ins Innere bieten ausgezeichnete Jagdgelegenheiten: man reist im Postwagen oder in eigenem Ochsenwagen. Aus-

rüstung für alle Unfälle in unerforschter Gegend vorsehen, für schlechtes Wetter und schwierige Flufsübergänge. Nächte sind oft sehr kalt; Regen in schweren Güssen. Mageres Fleisch und Wild ist überall zu haben, Gemüse aber oft schwer zu bekommen und immer teuer. Vergl. Joachim Graf Pfeils Reiseschilderungen in „Auf weiter Fahrt“ (Leipzig 1904).

Reisen in Ostafrika sind vorläufig hauptsächlich auf Trägerkolonnen angewiesen; die Auswahl der Träger ist oft für den Erfolg der Unternehmung ausschlaggebend. Ochsenwagen nur in Gegenden mit leidlichen Wegverhältnissen. In tropischem Gebiet sind meist nur die Karawanenstrafsen leidlich gangbar, während die Negerpfade der Jäger und Hirten oft dicht bewachsen und kaum zu erkennen sind; dann mufs der Weg mit dem Buschmesser gebahnt werden. Trägerkolonnen sind unvermuteten feindlichen Überfällen sehr ausgesetzt. Am schwierigsten sind Märsche in der Regenzeit; Moskitos und Stechfliegen sind dann besonders lästig. In der trockenen (heifsen) Zeit sind oft Nachtmärsche der Tageshitze wegen nötig. Nach Wissmann erfordert das Gepäck eines Europäers, nämlich Zelt, Bett und wollene Decken, Anzüge und Wäsche zum Wechseln, Kochgerät und einige Lebensmittel (besonders Kaffee und Zucker), zwei bis vier Trägerlasten. Für den Europäer empfiehlt es sich, ein Maultier mitzunehmen, um abwechselnd zu reiten oder zu gehen. Nach v. Liebert spielt sich jeder Marschtag in der heifsen Zeit wie folgt ab: 5 Uhr morgens Aufstehen aus den Betten, Teefrühstück mit Ei, kaltem Huhn u. dergl., Boys verpacken Bett, Bettzeug und Zelte, dann werden Geschirr (aus emailliertem Blech) und Lebensmittel im Frühstückskorb untergebracht. Feldflasche mit kaltem Tee gefüllt, 5 3/4 Uhr Abmarsch; 9 Uhr Marschpause womöglich nahe einer Ortschaft, Frühstückskorb, Feldtisch und Stühle für Europäer bereitgestellt. Weitermarsch je nach dem Wasservorrat der Gegend, Ankunft im Lagerplatz erst nachmittags gegen 2 Uhr ist schon sehr anstrengend für die Träger; Zelte werden sofort aufgeschlagen, Koffer ausgepackt, Mittagessen gekocht und im Schatten gegessen. Dann Siesta im langen Klappstuhl. 5 Uhr nachmittags Bad in der Gummiwanne; nach Sonnenuntergang, gegen 7 Uhr Abendbrot mit Suppe pp. und Tee. Sehr störend sind Wanderameisen im Zeltlager. Zum Bergbesteigen sind die Neger höchstens bis auf 3000 m zu bringen, der Kälte wegen; dazu ist volle Alpenausrüstung erforderlich; Pelzschlafsäcke haben sich gut bewährt. Vergleiche Literaturangabe für Westafrika; aufserdem Hans Meyer, „Ost-

afrikanische Gletscherfahrten, Forschungsreisen im Kilimandscharogebiet" (Leipzig 1890); v. Liebert, „Eine Reise zum Kilimandscharo" in Band III „Auf weiter Fahrt" (Leipzig 1904).

Reisen auf Madagaskar werden mit Trägern, aber auch mit Pferden und Reitochsen ausgeführt; Fahrstraſsen sind sehr selten. Europäer benutzen meist Tragsessel, von vier Trägern im Trab getragen. Zelt und Zeltbett muſs mitgenommen werden, dazu Ausrüstung ähnlich wie für Ostafrika.

Reisen in Persien. Über den Weg von Kleinasien und Syrien nach Persien siehe Seite 750; das Verkehrswesen in Persien ist noch sehr mangelhaft. Die persischen Handelsschiffe im Kaspischen Meere und im Golf von Persien sind nicht zu empfehlen; man benutze doch lieber die russischen Dampfer, trotzdem auch diese nicht immer ohne Mängel sind. Hauptstraſse mit Postwagenverkehr im Anschluſs an die russischen Dampfer geht von Enseli über Rescht nach Teheran in drei Tagen: die Wagen sind ähnlich den russischen Troikas. Paſs, vom persischen Konsul in der Heimat beglaubigt, ist erforderlich; das Visum kann aber auch in Enseli nachgeholt werden. Persien ist das Land sehr schroffer Witterungsgegensätze, beste Reisezeit ist für Nordpersien Mitte März bis Mitte Mai und Mitte September bis Mitte Dezember; der Sommer ist äuſserst heiſs und trocken. In Enseli und Rescht und dem Küstenlande am Kaspischen Meere herrscht viel Fieber, man nehme dort täglich Chinin. Ausrüstung erfordert auch im Frühling und Herbst wollenes Unterzeug, Tropenhelm, Sonnen- und Staubschutzbrille, Decken, Kissen, viel Insektenpulver, Sattelzeug, Konserven, Tee, Kakes, Wein, Laterne mit Lichten. Man tut gut, einen persisch sprechenden Diener aus Baku mitzunehmen und sich Empfehlungen an eine Gesandtschaft zu verschaffen. Man achte sehr auf sein Gepäck, Diebstähle kommen häufig vor. In den Posthäusern übernachtet man und erhält auch etwas Verpflegung. Ähnliche Postfahrstraſsen führen von Eriwan über Tabris nach Teheran, von da über Ispahan nach Schuschter und über Jesd-Kirman nach Bandarabbas, auch von Ispahan über Schiras nach Buschehr, aber diese Wege und ihre Postwagen sind meist minderwertig. Auch Reitpferde, Maultiere und Kamele werden auf den Karawanenstraſsen benutzt; im Gebirge sind Maultiere am sichersten, allerdings auch am langsamsten. Auf den Hauptwegen dienen die leerstehenden Nachthäuser, Karawansereien, als Unterkunft. Besuch der türkischen Bäder und Moscheen ist nicht erlaubt; das Ansehen verschleierter Frauen reizt die Bevölkerung, auch mit Photographieren sei man sehr vorsichtig. Wenn der Harem des

Schahs ausführt, mufs man die Strafse verlassen und das Gesicht wegwenden. Jagd auf Vögel (der Storch ist heilig!), im Gebirge auf Steinböcke, in der Ebene auf Gazellen. Die alte Karawanenstrafse von Teheran nach Bagdad wird ebenfalls in eine Postfahrstrafse verwandelt.

Reisen in Indien. Beste Zeit Mitte November bis Mitte März, für den Norden auch etwas früher und etwas später. Die schlimmsten Monate drückender Hitze sind Oktober und April, während im Juli bis September der Regen etwas Abkühlung bringt. Um indisches Leben kennen zu lernen, soll man Indien auch im Sommer sehen, aber meide die Monate April, Mai und Juni, die am ungesundesten sind. Gasthöfe sind mäfsig; das Reisen ist in Indien nicht unverhältnismäfsig teuer, aber man braucht wegen der Hitze viel Fahrgelegenheit, weil das Gehen in der Hitze gesundheitsschädlich ist. Reiseausrüstung wie für jede Tropengegend, weifse Leinenanzüge oder graue Flanellanzüge sind zweckmäfsig, dazu ein dünner schwarzer Gehrock für Gesellschaften. Für Winterreisen ins Innere sind sehr dicke Überröcke nötig, dazu bequeme wasserdichte Reitmäntel. Man beachte, dafs der Abendtau die Kleidung ganz nafs macht, und dafs Nächte und Morgen sehr kühl sein können, wenn auch der Tag heifs war. Im südlichen Indien und an der Küste genügt leichtere Kleidung; Kakhianzug zum Reiten und zur Jagd erhält man billig und gut an Ort und Stelle, wo überall tüchtige Schneider und gute Geschäfte für europäische Bedürfnisse sind, die meist billiger als zu Hause sind. Man versehe sich aber reichlich mit Wäsche und Unterzeug (mindestens für drei Wochen). Für Gebirgsreisen ist wollenes Unterzeug und lange wollene Leibbinde („Kummur-bund") unentbehrlich. Derbe Reithosen nicht vergessen; praktischer Tropenhelm ist überall in indischen Häfen zu haben. In Ceylon ist leichteste Kleidung erforderlich, nur in den Bergen ist es etwas kühler. Bettzeug mufs man stets mit sich führen, auch auf der Eisenbahn, und wenn man Bekannte besucht. In den Gasthäusern im Innern findet man meist gar kein oder nur unsauberes Bettzeug. Mindestens nehme man ein Kopfkissen und zwei Steppdecken nebst Laken mit, sowie einige warme Decken; das Ganze mufs in einem wasserdichten Sack verpackt sein. Besser aber, man nimmt ein ganzes Feldbett mit. Wegen der Feuchtigkeit schimmeln verpackte Gegenstände leicht, das gesamte Gepäck, Kleidung, Wäsche, Bettzeug, Schuhzeug mufs also oft in der Sonne an trockenen Tagen gelüftet werden. Vorräte und Medikamente usw. müssen gut luftdicht verpackt sein. Auch Bücher und Papiere sehe man gelegentlich nach,

damit sie nicht schimmlig werden. Moskitonetz kauft man in Indien am besten und billigsten. Die Unterkunftshäuser für Reisende (Dâk Bungalows) in den Dörfern gehören der Regierung; man erkundige sich vorher, ob sie frei sind, meist mufs man nach 24 Stunden seinen Platz an Neuankommende abgeben; einzelne dieser Häuser auf Hauptwegen haben einen Wärter, der auch Verpflegung liefert sowie Beleuchtung, aber viele sind auch fast ganz leer und ohne Bedienung. Die Verpflegung ist in Indien meist nicht gut, Milch ist gefährlich, Wasser mufs filtriert und abgekocht werden. Ein Reisediener ist unentbehrlich, mufs aber mit grofser Sorgfalt, womöglich durch Vermittlung des Konsuls oder eines Bekannten im Lande ausgewählt werden und mufs gute, zuverlässige Zeugnisse beibringen. Auch als Dolmetscher mufs er dienen können. Schriftlicher Vertrag, auch über die Höhe des Lohnes und die Dienstobliegenheiten, ist zu empfehlen. Auch verspreche man bei gutem Dienst ein Extrageschenk zum Schlufs. Diener aus dem Innern (Up-country servants) sind oft zuverlässiger und billiger als die in den Hafenstädten. Hat man solchen sprachkundigen Eingeborenen als Diener, kann man selbst mit englischen Sprachkenntnissen fast überall auskommen. Den vollen Lohn zahle man erst bei der Entlassung.

Lebensweise soll in allem mäfsig sein; nicht zu schwere Fleischkost, nicht zu viel Bier und möglichst wenig Alkohol, nicht zu viel Schlaf; gymnastische Bewegungen zur Förderung des Blutumlaufs auch an heifsen Tagen nicht versäumen, aber natürlich nur morgens vor der grofsen Hitze; deshalb früh aufstehen, zeitig zu Bett. Morgenspaziergänge und Ritte sind am besten, abends kann man sich im starken Tau leicht erkälten. Man bade täglich einmal und nie mehr als zweimal am Tage. Wollene Leibbinde sollte man bei Tag und Nacht tragen, aber öfters wechseln; sie schützt gegen Cholera und Dysenterie. Unreife Früchte, rohe Früchte, deren Wirkung man nicht kennt, und sauere Weine sollte man stets meiden. Sehr stärkend für den Magen ist der echt indische Curry mit Reis, auch wenn er dem, der ihn noch nicht afs, zu scharf schmeckt. Sekt auf Eis („Scrupkin“) wird als Mittel gegen Dysenterie empfohlen. Durchfall soll man nicht gleich stopfen, sondern nur durch die Diät mildern; wo ein Arzt am Orte ist, ziehe man ihn rechtzeitig zu Rate, weil er die klimatischen Einflüsse zu beurteilen versteht. Tee genügt als Stimulans völlig. Rohe indische Austern sollte man stets meiden, trotzdem sie wohlschmeckend sind. Nachts schlafe man in Nachtanzug (Pyjamas) aus Rohseide oder leichtem Wollstoff; man

schlafe nie auf fremden Matratzen oder Kissen ohne reine Bezüge. Man hüte sich vor Zugwind, weil Europäer viel unter Rheumatismus in Indien zu leiden haben. Landreisen sind auf Hauptstrafsen im Anschlufs an die Bahn mit Postwagen (Dâk) oder andern ortsüblichen Fuhrwerken ausführbar. Wer auf Nebenstrafsen reisen will, benutzt Karren, Sänften, Reitkamele, Ponys oder auch Träger. Dazu ist Zeltausrüstung erforderlich, mit Zeltbett, Zeltteppich, Zeltküche und Zeltbad sowie aufser dem persönlichen Diener (boy) noch Koch, Wasserträger (bhisti), Pferdeknecht, Kamelführer usw. Die eigene Verpflegung nehme man mit, für die Eingeborenen ist fast in jedem Dorfe das Nötigste zu haben. Moskitonetz; übrige Ausrüstung dem Reiseziel anpassen. Wegen der Medikamentenausrüstung befrage man vorher einen tüchtigen Arzt, der die Gegend kennt; grofser Chininvorrat wird stets empfohlen. Empfehlungsbriefe an englische Klubs und an Radjahs sind nützlich und bei Reisen in Birma unentbehrlich.

Reisen auf Ceylon, beste Zeit Mai und September bis November; März und April sind die heifsesten, Juni und August die nässesten und Dezember und Januar die stürmischsten Monate. Für die Höhenorte mufs man warme Kleidung mitnehmen. Fahrgelegenheit aufser mit der Bahn mit Postwagen, Ochsenkarren, Reittieren usw. Ausrüstung ähnlich wie für Ostindien, Zelt, Zeltbett, Kochgerät, Mundvorräte. Jagdgelegenheit auf Elefanten, Leoparden, Büffel usw.

Reisen in Holländisch-Indien. Beste Zeit Mai und Juni; Regenzeit im November bis April, am stärksten Januar und Februar, Reiseanzug im Gebirge wie in Deutschland, da die Nächte kalt sind und der Witterungswechsel oft schroff. An der Küste und in der Ebene ist Tropenausrüstung unentbehrlich, dazu Gesichtsschleier und Reithandschuhe, baumwollenes Unterzeug, reichlich Wäsche, seidene oder leinene Jackettanzüge, dazu Tropenhelm. Abends dünngefütterter Gesellschaftsanzug; für Festlichkeiten leichter Frackanzug ohne Futtereinlagen. Pyjamas und Sarong. In den Hauptplätzen auf Java kann man jede Ausrüstung zu mäfsigen Preisen beschaffen. Verpackung der Vorräte mufs gegen Feuchtigkeit und Kakerlaken geschützt sein, also am besten in Blechbüchsen. Die Malayische Verkehrssprache ist leicht zu lernen. Lebensweise vorsichtig wie in Indien (siehe Seite 756). Märsche, Ritte nur morgens anzuraten; in der heifsesten Zeit bleibe man im Hause oder ruhe im Schatten. Bad morgens und nachmittags.

Reisen auf den Philippinen. Beste Zeit für

Manila ist Januar und Februar; gesund, aber sehr heifs ist die Zeit von März bis Juli, doch reich an Erdbeben und Taifunen; Regenzeit von August bis Dezember. Ausrüstung für Reisen ins Innere mufs wasserdicht verpackt sein, am besten in Blechkoffern mit Gummiranddichtung; Zelt mit Feldbett, Sattelzeug, Lebensmittel, Regenmäntel, Vorrat an Tauschsachen (Glasketten, Perlen, Messer, Feilen, Messingdraht usw.). Fahrgelegenheit mit Büffelkarren für Gepäck; Wege sind schlecht, Brücken selten. Man begrüfse in jedem kleinen Orte, wo man übernachtet, den Geistlichen und den Alkalden; erstere sind sehr gastfreundlich und hilfsbereit. Wo die Fahrstrafsen aufhören, ist man auf Träger angewiesen, die sehr faul sind. Reitpferde sind meist in gröfseren Orten zu haben. Ein gut empfohlener malayischer Diener ist unentbehrlich. Nächte im Gebirge sind kalt; man nehme also wollene Decken mit. In entlegenen Gegenden ist Polizeibegleitmannschaft erforderlich, besonders um die eingeborenen Träger zu überwachen. Auch einige Wasserstrafsen im Innern sind benutzbar. Vergl. Hans Meyer, „Eine Weltreise“ (Leipzig 1885).

Reisen in Französisch-Indochina. Beste Reisezeit für Cochinchina, Annam und Tonkin ist November bis Februar. Der Sommer ist nur an der Küste oder im Hochgebirge erträglich. Pafs ist nicht unbedingt erforderlich, aber als Legitimation von Nutzen; chinesische Diener müssen mit Pafs versehen sein. Als Diener nimmt man Chinesen in Cochinchina und Annamiten in Tonkin. Für längere Reisen ins Innere sind mehrere Diener nötig, die sorgfältig ausgewählt werden müssen; Koch und Dolmetscher der Landessprache ist nötig. In Annam verschafft man sich Träger beim Ortsvorstand oder Postverwalter. Europäer finden auch meist im Gemeindehaus Unterkunft, wo Gasthäuser fehlen. Bei Schwierigkeiten mit den Eingeborenen wende man sich zunächst stets an die annamitischen Behörden und, wenn nötig, an den französischen Residenten der Provinz. Man reist, wo es keine Pferde gibt, meist im Tragsessel oder im Palankin, Sessel ist vorzuziehen, weil man im Palankin ausgestreckt liegen mufs. Zur Ausrüstung gehört Feldbett mit Matratze, Zelt, Moskitonetz, Medikamente gegen Fieber und giftige Stiche, Lebensmittel und Kochgeschirr. Unterwegs sind Eier und Geflügel zu haben. Man nutze soviel wie möglich den gut organisierten französischen Flufsdampferverkehr aus.

Reisen in China. Einen Reisepafs für die chinesischen Behörden besorgt der deutsche Konsul im Ankunftshafen; man tut gut, sich auch reichlich mit Visitenkarten in chinesischer

Schrift zu versehen (die Namen, Rang, Heimatsort und Reisezweck angeben). Gepäck möglichst einschränken, weil die Verkehrsverhältnisse schlecht sind. Am bequemsten reist man, wo es das Reiseziel erlaubt, auf Flufsdampfern und Flufsbooten (gemieteten „Hausbooten“ oder Dschunken); letztere sind auch bei Kanalfahrten zu brauchen, aber die Reise geht langsam vonstatten, flufsaufwärts mufs man Ziehleute benutzen. Landreisen am besten zu Pferde, viel unbequemer sind die Maultiersänfte und der zweirädrige Reisekarren (ohne Federn!); letzterer ist für gröfseres Gepäck unentbehrlich. Wenn man die Karre mit den eigenen Feldbettstücken polstert, ist sie allenfalls erträglich. Reittiere kauft man am besten, Packtiere (Maultiere) mietet man. v. Richthofen empfiehlt die Benutzung von Reit- und Packtieren für alle Landesteile von Nordchina; man kann mit ihnen auf Fufswegen auch Berge übersteigen. Gute Maultiere leisten die besten Dienste, sind aber auch viel teurer als die ebenfalls ausdauernden und leistungsfähigen mongolischen Ponys. Ein Tier soll bis 120 kg tragen; man richte die Gepäckstücke für gleichmäfsige Verteilung ein. Die Reisekarren werden am besten von zwei hintereinander gespannten Maultieren gezogen. Die Hauptstrafsen haben stets Gasthäuser, in abseits gelegenen Dörfern ist es schwer, Unterkunft und Viehfutter zu finden. In gröfseren Gasthäusern beanspruche man stets das vornehmste Quartier, das Ehrenhaus. Als Bett benutzte v. Richthofen vier mongolische Ziegenfelle, im Winter mit der Haarseite, im Sommer mit der Lederseite nach oben, darüber leinenes Bettzeug. Wasserdichte Unterlage gegen feuchten Fufsboden und als Hülle für das in Bündel gerollte, mit Sattelriemen verschnürte Bettzeug. Jeden Raum lasse man reinigen, bevor man ihn bezieht (Tisch mit kochendem Wasser abwaschen). Moskitonetz im Sommer unentbehrlich. Laterne, grofser Vorrat an Stearinlichten, europäisches Tischgerät, Glas und Porzellan zwischen Filzplatten verpackt; Kochgerät, der Diener mufs europäisch kochen können, denn die chinesische Kost ist ungesund, nur gekochter Reis und Brot sind frisch brauchbar. Hühner und Eier sind überall billig zu haben, Rind- und Hammelfleisch nur in Städten, wo Mohammedaner wohnen; chinesisches Schweinefleisch ist ungeniefsbar. Zum Mundvorrat nehme man reichlich Fleischextrakt, geprefste Gemüse, Kakao, Tee (schwarzen, die Chinesen trinken grünen), kondensierte Milch. Über den Verkehr mit der Bevölkerung hole man sich vorher genau bei Kennern Rat; in Schantung, worüber v. Richthofen berichtet, sind die Bewohner am wenigsten feindselig und aufdringlich, aber auch

dort kann falsche Behandlung und unrichtiges Benehmen sehr gefährlich werden. Grofse Neugier herrscht in Gegenden, wo Fremde selten hinkommen. Die geringste Feindseligkeit soll man sich nicht gefallen lassen, aber auch nie persönlich eingreifen; nie eilig zu fliehen suchen, nie in der Volksmenge die Waffe gebrauchen; womöglich stets den einzelnen Gegner scharf ins Auge nehmen und keinem ausweichen. Wer in chinesischer Kleidung reist, ist noch mehr Insulten ausgesetzt, wenn er als Fremder erkannt wird. Vergl. v. Richthofen „Schantung und seine Eingangspforte Kiautschou“ (Berlin 1898).

In gröfseren Orten mache man dem Tautai oder Gemeindevorsteher Besuch; wenn sie Gastgeschenke schicken, gebe man dem Hauptdiener ungefähr so viel Silber, als die Lebensmittel wert sind. Im Winter sorge man für warme Kleidung, Decken und grofsen, mit Schaffell gefütterten Überzieher sowie derbe, hohe, wasserdichte Stiefel.

Im Hochlande und in Tibet ist man hauptsächlich auf sich selbst angewiesen, mufs also reiche Vorräte auf Packtieren (Yackochsen, Pferden oder Maultieren) mitführen. Für Reisen in Hochasien (nur mit grofsen Karawanen unter Bedeckung anzuraten) studiere man die Reisewerke von Sven Hedin, Bonin, Filchner, Merzbacher, Friederichsen u. a.

Reisen in Japan. Beste Reisezeit der Spätherbst; Sommer ist heifs und regenreich, September noch nässer. Februar und März sind am wenigsten zu empfehlen. Für den Sommer braucht man leichte Kleidung, für den Winter warme wie in Deutschland; Tropenhelm, Sonnenschirm und Moskitoschleier sind im Sommer zu gebrauchen. Gasthäuser im Innern Japans haben selten Heizung. Leichtes Schuhzeug in den Ortschaften, und nur solches, das man schnell und bequem aus- und anziehen kann (also nicht zum Schnüren), weil man bei jedem Besuch eines Hauses oder Tempels die Schuhe ausziehen mufs, um die japanischen Sitzmatten nicht schmutzig zu machen. Man würde einen sehr groben Verstofs begehen und sich grofsen Unannehmlichkeiten aussetzen, wenn man diese Sitte nicht beachtet. Die japanischen Strohsandalen sind empfehlenswert auf glattem Gestein; doch mufs man die dazu passenden Socken tragen und den Strang mit Baumwolle bewickeln, der zwischen die grofse und zweite Zehe geklemmt wird. Die Westküste und Nordjapan sind am kältesten im Winter; ins Hochgebirge gehe man nicht vor dem Mai. Wer von Reis, Eiern und Fisch allein nicht leben kann, mufs sich ins Innere Lebensmittel mitnehmen; auch Wein ist nicht zu bekommen, doch mäfsiges Bier in den meisten Städten. Currypulver und Soya macht

die Reisgerichte schmackhafter. Wasser sollte man stets nur abgekocht trinken, besser aber nur Tee.

In der Ebene benutze man Finrikschahs und gehe abwechselnd zu Fufs, die Wege sind gut. Mit Reit- und Packpferden hat man viel Schwierigkeiten. Im Gebirge gehe man zu Fufs und nehme einige Träger für das Gepäck. Radfahren ist nur auf einzelnen Landstrafsen zu empfehlen. Man sorge für möglichst wenig Gepäck in kleinen Stücken, mit Ölpapier gegen Regen geschützt; das sollte für Bergbesteigungen genügen. Man nehme einen zuverlässigen, empfohlenen Diener an. Bei Reisen ins Innere nehme man Insektenpulver, Kampher, Seife, reichlich Lichte und Laterne, Handtücher, Decken, ein Kopfkissen mit. Man beachte, dafs warme Bäder den Europäern in Japan besser bekommen als kalte. Heifse Bäder werden viel und fast überall genommen. Man sei auch unterwegs stets mit Visitenkarten versehen; selbst in kleinen Landstädtchen wird man gelegentlich deutsch sprechende Ärzte, Apotheker und Techniker finden; doch tut man gut, sich die nötigsten Kenntnisse der Umgangssprache anzueignen. Ich wurde schon vor 25 Jahren mitten in den Bergen Südjapans von einem Wanderer deutsch angesprochen. Man sei stets höflich und zuvorkommend und nie ungeduldig; Heftigkeit macht keinen Eindruck auf die Japaner. Man verschaffe sich Empfehlungen an Behörden und versäume nie, Besuche auch bei Japanern im Gesellschaftsanzug zu machen. Frackanzug ist ebenfalls unentbehrlich.

R e i s e n i m n ö r d l i c h e n N o r d a m e r i k a fordern auch im Sommer starke Kleidung, Flanellhemden, Regenmantel, Gummistiefel, Decken; im Winter dickes, kräftiges Unterzeug, Pelzkleidung. Reitpferde und Wagen aller Art, im Winter auch Schlitten und Schneeschuhe dienen als Beförderungsmittel, wo weder Bahn noch Flufsschiffahrt ist.

R e i s e n i n S ü d a m e r i k a sind im tropischen Gebiet denen in Afrika in vielen ähnlich; Ausrüstung dementsprechend. Wo die oft weit ins Innere reichende Flufsschiffahrt nicht aufhört, ist man auf Postkutschen, Ochsenkarren, Reitpferde, Reit- und Packmaultiere oder auch Träger angewiesen. Man hüte sich vor Fieber, besonders an der Nord- und Ostküste. Ausrüstung: Tropenanzug, Sattelzeug, Waffen, Schiefsbedarf, für die Gebirge alpine Ausrüstung mit Pelzschlafsäcken, Zelt und Zeltbett; derben, bequemen Reitanzug mit Sombrero und Mantel.

R e i s e n i n A u s t r a l i e n. Ausrüstung mufs ebenfalls dem Klima der zu besuchenden Gegend angepafst sein. Auch

im südlichen Teile von Australien ist die Sommerhitze (November bis Februar) grofs. Die kalte Regenzeit ist im Juli und August. Im ganzen ist das Klima für Europäer sehr angenehm und gesund, besonders an der Küste und im Gebirge. Paradiesisches Klima hat der Illawarradistrikt; Tasmania gilt als gesündester Aufenthalt, besonders für Fieberkranke aus Indien. Ausrüstung je nach dem Reisezweck ungefähr wie für Reisen in Südeuropa; in den Küstenstädten ist alles zu haben, was man für Reisen ins Innere braucht. Beförderungsmittel im Innern: Wagen, Reit- und Packpferde; für Forschungsreisen in die Wüste sind Kamele wünschenswert mit Ausrüstung für Zelte, Waffen, reichlich Lebensmittel und Trinkwasservorrat; man zwinge die Eingeborenen, ihre oft schwer zu findenden Wasserlöcher zu zeigen oder bohre (mit mitgebrachtem Bohrgerät) nach Wasser. Die Kamele hüte man vor giftigen Pflanzen. Zur Besteigung des Kosciuskoberges benutzte v. Neumayer Pferde zum Tragen des Gepäcks bis zur Höhe, wo Schnee lagerte. Er war mit Zelt, wollenen Decken, Lebensmitteln, geodätischen, magnetischen und meteorologischen Instrumenten und Gewehren für sich und seine drei Begleiter (darunter ein deutscher Diener) ausgerüstet. Vergl. v. Neumayer „Eine Besteigung des Kosciuskoberges“ im Band III „Auf weiter Fahrt“ (Leipzig 1904).

Anhang.

Ergänzungen, Nachträge und Berichtigungen.

Zusammengestellt
von
Dr. G. von Neumayer.

Inhalt.

Hydrographische und maritim-meteorologische Beobachtungen an Bord.

(Maritime Meteorologie.)

Verfaſst, bezw. zusammengestellt von

Dr. G. von Neumayer.

(Mit einer Karte und einem lithographierten Plan.)

I. Hydrographisch-meteorologische Aufgaben und Erscheinungen.

Nachdem in den Abschnitten über Nautische Vermessungen und Allgemeine Meereskunde das Wesentlichste von dem, was daraus zum Gebiete der Hydrographie gerechnet werden kann, bereits behandelt worden ist, soll nun noch einiges zur Ergänzung des in jenen Abschnitten Erörterten, und zwar über hydrographisch-meteorologische Beobachtungen, besprochen werden. Die hierbei zu behandelnden Gegenstände sind der Natur der Sache gemäſs besonders für Reisen zur See berechnet, und zwar sollen nach einzelnen Richtungen der physikalischen Forschung hin, die in diesem Werke vertreten sind, Ergänzungen oder Erläuterungen für die Zwecke der Beobachtung zur See gegeben werden. Es wird das dazu dienen, damit auch der Nichtseemann imstande sei, wertvolles Material zu sammeln, was in diesem Falle mit um so mehr Eifer betrieben werden dürfte, als die Wechselwirkung zwischen Bereicherung der Wissenschaft und Verwertung des Gewonnenen zum Besten der Seefahrt sofort einem jeden einleuchtet. Daſs bei einem solchen Umfang des zu besprechenden Materials an eine gründliche, ins einzelne gehende Behandlung des Gegenstandes nicht gedacht werden darf, versteht sich wohl von selbst. Es handelt sich hier vielmehr darum, in allgemeinen Zügen die Aufgaben zu bezeichnen, die der Pflege des Reisen-

den besonders empfohlen werden sollen, gewisse Fragen zu stellen, deren eingehendere Bearbeitung anzuregen und in gewissem Sinne einzuleiten. Wenn es dem Verfasser gelingen sollte, diesen ausgesprochenen Zwecken gerecht zu werden, so wird er auch seiner Wissenschaft dadurch einen wesentlichen Dienst geleistet haben. Es beziehen sich diese Bemerkungen vorzugsweise auf jenen Teil dieser Forschungen, welcher die Lehren der Meteorologie den Zwecken des Seeverkehrs dienstbar zu machen den Beruf hat. Die maritime Meteorologie und die Ausführung von Reisen unter Benutzung der von der Natur gebotenen und frei zur Verfügung gestellten Kräfte können auch von dem Reisenden, der nicht in Verbindung mit einem gröfseren Beobachtungssysteme steht, gefördert werden. Wie dies am zweckmäfsigsten zu geschehen habe, werden wir an der geeigneten Stelle im Verlaufe dieser Auseinandersetzungen des näheren erörtern.

Hydrographisch-meteorologische Verhältnisse; Wirkung des Windes auf den Ozean.

Die gründliche Kenntnis der meteorologischen und klimatischen Faktoren ist zum Verständnis der Hydrographie eines Meeres, einer Küste oder eines Litorale eine Notwendigkeit. Daher ist der Reisende vorzugsweise darauf hinzuweisen, sich diese Kenntnis zu erwerben, und sind die hydrographischen Aufgaben, die verschiedenen Fragen, welche sich dem Beobachter darstellen, auch von diesem Standpunkte aus zu bearbeiten. Dies gilt sowohl von den Beobachtungen zum Vorteile der Seefahrt und auf offener See, sowie von den Erhebungen an einer Küste, in Buchten und in Strafsen. Unter einer Beleuchtung dieser Art ergibt sich die Erklärung hydrographischer Verhältnisse in vieler Hinsicht von selbst, während der Reisende, wollte er ohne dieses Hilfsmittel an die Untersuchungen schreiten, unfehlbar vielfach irrgeleitet würde. Zunächst hat man darüber klar zu werden, in welchem System der Luftbewegung das der Beobachtung und hydrographischen Bearbeitung zu unterwerfende ozeanische Areal liegt[1]):

1. Liegt dasselbe im Systeme der durch atmosphärische Störungen bedingten alternierenden, vorzugsweise von Westen einsetzenden Winde?

[1]) Es wird hierzu besonders empfohlen das kleine Werk: Köppen, Prof. Dr. W., Grundlinien der Maritimen Meteorologie, vorzugsweise für Seeleute dargelegt, im folgenden angezogen mit „K“.

2. Gehört dasselbe zum Gebiet der Monsune, d. h. der jahreszeitlich meist von April—Oktober und November—März wehenden Winde?
3. Liegt es in dem Gebiet beständig wehender östlicher Winde innerhalb der Passatregionen,
4. im Gebiete der Kalmen und zwar welcher: jener zwischen den beiden Passatregionen oder jener an der Polargrenze der Passate in beiden Hemisphären?
5. Welcher Natur sind die auftretenden Stürme, zeigen dieselben innerhalb des Jahres eine Periode, und haben sie mehr den Charakter tropischer Orkane — nämlich den scharfen Gegensatz der sonstigen Beständigkeit des Wetters, die ausgesprochen drehende Bewegung, die Regengüsse und einen Temperaturumschlag — oder den mehr unregelmäfsigen Charakter der Stürme gemäfsigter und höherer Breiten mit nachfolgender Abkühlung?
6. Folgen die Stürme (atmosphärische Depressionen) bestimmten Zugstrafsen (K. Seite 17—21, und K. 42 ff.), mit welcher Geschwindigkeit bewegen sie sich auf denselben, welche Tiefe haben sie, und welche Richtung ist die vorherrschende? Wie grofs ist im Durchschnitt das Depressionsgebiet, und gibt es bestimmte Anzeichen für das Herannahen einer starken Depression (Cirruswolken, deren Gestaltung, Form und Richtung)? (Meteorologie Seite 628 dieses Bandes.)
7. Zeigt der Wind eine ausgesprochene tägliche Periode?

Obgleich diese Fragen in das Gebiet der Meteorologie gehören, mufs der Hydrograph den mit denselben verknüpften Untersuchungen gründliche Beachtung zuwenden und namentlich in einem jeden einzelnen Falle die Orientierung der Küste, die Lage derselben mit Rücksicht auf diese Phänomene in Erwägung ziehen.

Eine andere Frage ist: Verschieben sich die Grenzen eines bestimmten Gebietes, und welchen Einflufs übt eine solche Verschiebung, wenn sie stattfindet, auf die allgemeinen Erscheinungen aus?

Findet in einem Gebiete rasches, plötzliches Umspringen des Windes statt, und wenn so, von welcher und nach welcher Richtung? Knüpft sich dieselbe an eine bestimmte Periode im Jahre, an eine bestimmte Tageszeit, und welcher Art ist ihr Einflufs auf den Zustand des Meeres?

Man beachte besonders auch lokale Stürme und ihren Charakter, ihre Richtung und ihren notwendigen Einfluſs auf hydrographische Verhältnisse. Solche Betrachtungen sind von besonderem Werte für Küstengebiete; man erwäge dabei die Richtung der Erstreckung der Küste und ihre Höhenprofile mit Bezug auf die angeführten Systeme der Luftbewegung. Die Ermittelung der vorherrschenden Windrichtung ist zum richtigen Beurteilen der hydrographischen Verhältnisse von groſser Wichtigkeit. Der Abschnitt über Meeresforschung dieses Werkes handelt eingehend über die Wirkung des Windes auf die Meeresoberfläche und die Strömungen (S. 581 ff.)[1]; hier soll zuerst einiges über die Wirkungen des Windes im vertikalen Sinne, d. h. von jenen Wirkungen gesagt werden, welche in der Wellenbewegung erkennbar sind. Fragen über die Tiefe, bis zu welcher diese Wirkung im Ozean wahrzunehmen ist, sind für die Ausbildung einer allgemeinen Theorie der Strömungen wesentlich.

Seegang, Dünung (Swell), Richtung und Höhe derselben, namentlich, wenn dieselben, wie in manchen Gegenden (Westküste von Afrika), einen eigentümlichen Charakter annehmen (Kalema, Kr. 206), verdienen eine ganz besondere Beachtung. Die Woge, die Welle, ihre Gestaltung und Höhe, ihre Richtung, Schnelligkeit der Fortpflanzung, Dauer ihrer einzelnen Schwingungen müssen beobachtet werden (s. dieses Werk S. 583; auch Krümmel, Der Ozean); wie dies zu geschehen hat, geht aus dem angezogenen Abschnitt hervor (584). Welche Veränderungen bringen die bezeichneten Elemente in einzelnen Gegenden auf den Charakter der Wellenbewegung überhaupt hervor? (Siehe Krümmel, S. 586 dieses Bandes.)

Folgen die Wogen rasch aufeinander; wie weit sind die Wellenköpfe (Rücken) voneinander entfernt, und sind die aufeinanderfolgenden von gleicher Höhe, oder zeigen sie Ungleichheiten, und wie liegen solche in der allgemeinen Reihe verteilt? Ist jede dritte, vierte usw. höher oder niedriger?

Während diese Wogenerscheinungen und deren Elemente mehr den regelmäſsigen Verlauf bezeichnen, haben wir es auch mit andern zu tun, die in gewissem Sinne als Störungen, als unregelmäſsig wirkende Momente zu bezeichnen sind.

Kreuzsee, kurze See, wilde, verworrene See. Scheinbar regellos übereinanderfallend; bilden sich, wo diese Art der Wellenbewegung sich zeigt, weiſse Köpfe? Man beobachte, ob es sich hier in Wirklichkeit um eine regellose

---

[1]) Siehe auch Krümmel, „Der Ozean“, hier angezogen mit „Kr.“, Seite 256 ff., besonders 274.

Erscheinung oder nicht etwa um eine Interferenz der Wellen handelt, wie sie durch einen, mit Wirbelstürmen verknüpften raschen Wechsel der Windrichtung oder durch Reflexion erklärbar wäre.

Überschlagende Kämme, welche durch die Wirkung des dem Wellenschlage entgegengesetzten Windes in das rückwärts gelegene Wellental zurückstürzen, nennen die Seeleute auch „Muhrsee“, während sie die durch den auflandigen Wind zerstörten, zurückgeworfenen Wellen „Widersee“ nennen.

Kabbelung (ripples) wird durch die widerstreitende Wirkung zweier Ströme — etwa den durch den Wind erzeugten Oberflächenstrom und entgegenwirkende Gezeitenströmungen — erzeugt, d. Bd. 591; es kann diese Bewegung stellenweise sehr heftig und der Aufwallung des kochenden Wassers sehr ähnlich werden. Ist damit jedesmal ein Geräusch verbunden und kann man, je nach den Entstehungsursachen, verschiedene Arten von Kabbelung unterscheiden? Hierfür sind besonders lehrreiche Beobachtungen, die in Strafsen und da ausgeführt sind, wo sich zwei Strafsen (Meerengen) treffen.

Während im offenen Ozean die Erscheinungen, welche im vorhergehenden geschildert wurden, sich zeigen, erkennt man in der Wellenbewegung an Küsten die Folge von Hindernissen, die sich derselben entgegenstellen: die Brandung, das Brechen der Wogen. Dieselben sind an Flachküsten verschieden von jenen an Steilküsten. Im ersteren Falle verursacht die Reibung des bewegten Wassers am Boden des Meeres eine Verzögerung in der Bewegung und ein Überstürzen der Wellenköpfe und daher die eigentümliche Erscheinung der lang ausgedehnten, übereinanderstürzenden und ein stetes Geräusch (Rauschen) verursachenden Wogenreihen. Ist diese Erklärung stichhaltig, oder ist dem von Hagen gegebenen Brandungsvorgang, wonach die Tiefe an der betreffenden Stelle nicht ausreicht, um die volle Schwingung der Welle ungebrochen vor sich gehen zu lassen, der Vorzug zu geben? An Steilküsten, an einzelnen Felsen und Leuchttürmen prallt die ungebrochene Woge gegen das Felsengestade an und erhebt sich als Klippenbrandung zur höchsten Höhe. Je nach der Art der Brandung bietet die See ein eigenes Aussehen, und es ist namentlich auch nach dem Boden des Meeres, ob Sandbänke, Korallengebilde usw. denselben decken, die Farbe desselben verschieden (s. Seite 579/580 d. B.; auch Kr. 130 ff.). Die mächtigen Wogen, die sich dem Gestade zuwälzen und an einigen Küsten ein beständig zu

beobachtendes Phänomen darbieten (Kalema), nennt man „Roller“, und man sollte nicht versäumen die Periode ihrer Aufeinanderfolge zu beobachten.

Wichtiger als diese äufserliche Erscheinung ist für den Hydrographen die Wirkung der Brandung auf die Küste, welche er aufzunehmen und zu beschreiben hat. Die zerstörende, verändernde Wirkung[1]) ist im allgemeinen am stärksten über der mittleren Wasserlinie und auf der Wetterseite. Man erkennt aus derselben, ob durch das Hinwegführen (Hinwegspülen) von Erdreich Plateaus gebildet werden, wie dies oft an Leeküsten der Fall ist, während sich an flachen Wetterküsten Erdreich ansetzt und Riffe sich bilden. Zur Beurteilung der Eigenschaften einer Küste mit Rücksicht auf die Anforderungen der Schiffahrt ist die genaue Beobachtung der bezeichneten Erscheinungen von Bedeutung.

Die Bildung von Terrassen (Plateaus) auf Steilküsten und von Nehrungen auf Flachküsten mufs vom Hydrographen beobachtet werden, weil davon häufig die Tauglichkeit derselben für Ankergründe, Häfen usw. abhängig ist (s. Geologie, S. 355 ff. d. B.).

An Küsten spielen überdies die Niederschlags- und Regenverhältnisse eine Rolle, und zwar mit Beziehung auf die Gestaltung des Gestades; dies gilt vorzugsweise von Flufsmündungen. Hier fragt es sich: Ist der niederfallende Regen gleichmäfsig über das Jahr verteilt, oder fällt er in Perioden oder plötzlich und heftig, so dafs dadurch Überschwemmungen verursacht werden? Im letzteren Falle ermittle man die Jahreszeit, in welcher solche eintreten.

Auch die Temperaturverhältnisse haben auf Küstenbildung einen bestimmenden Einflufs. Welcher Art sind dieselben? Namentlich bedarf das Eis, sowohl das Treibeis, wie solches, welches sich in Buchten, Flufsmündungen an einer Küste bildet, einer gründlichen Beachtung. Hierbei ist die Gestaltung der Küste in Erwägung zu ziehen, sowie die orographischen Verhältnisse im allgemeinen. Welche Wirkung äufsern die Gebirge im Litorale, und zwar mit Rücksicht auf die allgemeine Küstenerstreckung und die herrschenden Winde? Wie weit sind die höchsten Höhen von dem Ufer entfernt; steigt das Land in Vorgebirgen plötzlich auf, oder erhebt es sich terrassenförmig nach innen zu? Zeigt das Profil tiefe schroffe oder flache und abgerundete Einschnitte? Oder bilden die Höhenzüge allenthalben einen Rücken (Grat) von gleicher

[1]) Siehe Geologie dieses Werkes, Nr. 8, Seite 351 ff.

oder nahezu gleicher Höhe? Vertonungen (s. Nautische Vermessungen Seite 524 d. B.) sind von grofsem Werte mit Rücksicht auf die Schilderungen dieser Verhältnisse. Man beachte die Gesteinsart und besonders, ob die Küste vielfach Gebilde vulkanischer Natur zeigt.

Eine Gattung der Wellenbewegung mufs hier noch erwähnt werden, obgleich dieselbe nicht im strengsten Sinne zu den hier darzulegenden klimatologisch-hydrographischen Verhältnissen gehört; es ist die auf offener See, in Buchten und an Küsten häufig sich der Beobachtung darbietende Erdbeben- oder Stofswelle, die für manche Gegenden (Südamerika) eine grofse Bedeutung hat. Auf offener See kann sie sich entweder durch einen plötzlichen Stofs in der Nähe des Schiffsortes oder durch eine aufserordentlich hohe, durch sonst ein anderes Agens nicht motivierte, schnell verlaufende Welle zu erkennen geben; an Küsten ist es oft nur eine einzige sich rasch nähernde und wieder verschwindende Welle, welche das Wasser zu einer grofsen Höhe erhebt und das Gestade zeitweise überschwemmt. Treten diese Erscheinungen auf, so notiere man sofort Zeit, Ort, Mafs und Charakter der Bewegung. Besonders wertvoll werden solche Aufzeichnungen, wenn mehrere Schiffe sich zurzeit in kurzen Entfernungen voneinander befinden; werden in solchen Fällen die Erscheinungen genau nach Zeitmafs und Richtung beschrieben, so können daraus über Fortpflanzung solcher Wellen, über ihre Höhe und über die Schnelligkeit der Oszillation und daraus wieder über die mittlere Tiefe des durchfluteten Wassers Schlüsse gezogen werden. (S. Kr. Seite 207 ff. u. Seite 584 der allgemeinen Meeresforschung.)

Will man sich mit dem Gegenstand besonders befassen, so sollte man Sorge dafür tragen, sich mit den Gebieten, die von solchen Phänomenen heimgesucht werden, bekannt zu machen; für Seebeben ist hierfür die Arbeit von E. Rudolf „Über submarine Erdbeben und Eruptionen“ zu empfehlen. Siehe auch Boguslawski und Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Band II, Seite 114 ff.

II. Meteorologische Beobachtungen in ihrer Anwendung auf den Weltverkehr zur See.

Die Bedeutung meteorologischer Beobachtungen zur richtigen Beurteilung ozeanographischer Verhältnisse, vorzüglich mit Rücksicht auf ihre praktische Verwertung, ist in dem

Vorstehenden genügend hervorgehoben, als dafs es notwendig erscheinen könnte, hier dieselbe des weiteren zu erörtern. Da überdies die Meteorologie schon in einem besonderen Abschnitte (Hann) behandelt wurde, so genügt es für unsere Zwecke, noch einige weitere Gesichtspunkte hervorzuheben.

Es wird hier besonders auf das kleine Werkchen von Prof. Dr. W. Köppen, „Grundlinien der maritimen Meteorologie, vorzugsweise für Seeleute dargelegt“ hingewiesen; in nachstehendem wird vielfach darauf Bezug genommen (K).

Die vorzüglichsten hierher gehörigen Fragen lassen sich in folgende zwei Punkte zusammenfassen:

1. Welches sind im gegenwärtigen Stadium der meteorologischen Forschung die wesentlichsten Gesichtspunkte, von welchen aus die Anwendung der Ergebnisse auf die praktische Navigation gefördert werden kann?
2. Wie kann die meteorologische Wissenschaft für hydrographische Zwecke weiter entwickelt werden?

ad. 1. Die genaue Erforschung der verschiedenen Gebiete der Winde (s. K. 42 ff.[1]) und der Strömungen des Ozeans (s. Kr. 241 ff.[2]) zu Zwecken der Förderung der Seeschiffahrt mufs allen jenen, welche in Verbindung mit einem wohlorganisierten Systeme maritimer Meteorologie wirken wollen, in erster Linie besonders anempfohlen werden. Allein auch der einzelne Reisende kann auf diesem Gebiete Wertvolles leisten, sei es durch selbständige Beobachtung, sei es durch Sammeln von Material oder durch Anregung bei anderen; es ist jedoch unbedingt erforderlich, dafs er seine Erhebungen in Anschlufs an ein gröfseres System und unter Befolgung der von demselben erlassenen Instruktionen mache. Da die einzelnen Systeme der zivilisierten Staaten nach internationalen Vereinbarungen geleitet werden, so setzt sich der Reisende dadurch mit den allenthalben geltenden Normen in Einklang und vermag so allgemein Verwertbares zu leisten. Sodann lenke man seine Aufmerksamkeit zunächst auf die Veränderungen der Windrichtung innerhalb eines Gebietes und prüfe die Beziehungen dieser Änderungen zu den Änderungen der meteorologischen Elemente, zum Verhalten des Luftdruckes, der Temperatur und der Feuchtigkeit der Luft. Bestätigen sich in allen Fällen die darüber bereits aufgestellten Gesetze und, wenn nicht, wie sind die Ausnahmen zu charakterisieren? Für den Seefahrer sind diese Fragen von besonderem Werte,

[1]) K. bedeutet Zitat nach Köppen.
[2]) Kr. bedeutet Zitat nach Krümmel.

weil er, im Falle er einen für seine Reise günstigen Wind verloren hat, denselben wieder gewinnen kann, indem er das für ihn wünschenswerte Gebiet der Winde oder besonderer Luftströmungen an der Hand der meteorologischen Instrumente aufsuchen kann. Mit Rücksicht auf diesen Punkt ist es besonders wichtig, die Beziehungen zwischen Windrichtung und Luftdruck (das Barische Windgesetz, Buys-Ballots Regel usw.) zum Gegenstand der Untersuchung, Beobachtung und beziehungsweise Prüfung zu machen. Wenn der regelmäfsige Verlauf der Windphänomene so in erster Linie zu beobachten ist, so ist andrerseits die Natur der in einem Gebiete herrschenden Stürme oder Böen — namentlich auch das plötzliche Umspringen des Windes von einer Richtung in eine andere (oft die entgegengesetzte) — für den Seemann von grofser Bedeutung und sollte deshalb keine Gelegenheit versäumt werden, darüber Beobachtungen zu machen oder auch nur zu sammeln. Wie ist in solchen Fällen das Verhalten des Barometers, in welchem Stadium der Windveränderung tritt ein Steigen oder ein Fallen des Barometers ein; haben Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse dazu eine Beziehung und welche? Vermag man da, wo es sich um die Beobachtung von Orkanen handelt, die Windgeschwindigkeiten in den einzelnen Stadien der Drehung der Windrichtung zu messen (mit Anemometern, in Verbindung mit der Beaufortschen Skala, K. s. 11), so ist dies zur Entwicklung einer Theorie der Stürme dieser Art von grofsem Werte. Man beobachte auch in solchen Fällen, wo orkanartige Stürme auftreten, die Bewegung der oberen Luftschichten, den Wolkenzug und den Charakter der Wolken, um dadurch Aufschlufs über die Luftbewegungsvorgänge in solchen Phänomenen zu gewinnen. Man verfehle nicht auch von andern Beobachtern und andern Schiffen Material über ein Phänomen zu sammeln, wobei man übrigens mit Kritik verfahren und alles angeben sollte, was sich auf die genaue Feststellung der meteorologischen Elemente bezieht, damit die gemachten Beobachtungen untereinander vergleichbar werden. Eine besondere Beachtung verdienen die Anzeichen eines herannahenden Sturmes und vernachlässige man hierbei die Feuchtigkeitsverhältnisse nicht. Sehr zu empfehlen ist zu diesem Zweck das Studium der Werke von Espy, Redfield, Piddington, Reid, Dove aus früherer Zeit, von Reye, Mohn, Meldrum, Clement Ley, Van Bebber, W. Köppen u. a. aus der Gegenwart. Man richte womöglich sowohl Beobachtungen als darauf gegründete Untersuchungen nach den in denselben niedergelegten Grundsätzen ein.

Ein anderer Zweig der praktischen Navigation hat in der jüngsten Zeit einen Aufschwung genommen und verdient daher eine besondere Beachtung; es ist dies die Sturmwarnung an den Küsten nahezu aller zivilisierten Staaten. Der Seefahrer hat vielfach Gelegenheit, in andern Weltteilen Erhebungen zu machen über die Organisation von Sturmwarnungssystemen, welche daselbst in Tätigkeit sind. Es handelt sich hierbei, wenn das System innerhalb der Regionen periodisch auftretender Orkane liegt — also eine Sturmwarnung einfacher und sicherer sein kann — vorzugsweise um die Mittel, welcher man sich zur Mitteilung an die Seeleute und Küstenbewohner bedient; es ist dies wichtig für die Sicherheit der Navigation an einer Küste. An Küsten, welche in ektropischen Gebieten liegen, wo Sturmerscheinungen viel verwickelterer Natur sind, sollte der Reisende darauf Bedacht nehmen, alles zu sammeln, was auf die Grundsätze, nach welchen Sturmwarnungen ausgeführt werden, einen Bezug hat. Werden nur einfache Mitteilungen über Witterungstatbestände gegeben oder auch wirkliche Warnungen hinzugefügt? Sind es nur Wahrscheinlichkeiten, welche mitgeteilt werden oder Vorhersagungen? Wie lange ist das System in Betrieb — nach welchen Grundsätzen ist es organisiert, besteht eine Statistik über den Erfolg, und welches sind die Ergebnisse derselben?

ad. 2. Zur Weiterentwicklung der meteorologischen Wissenschaft mit hydrographischen Zielen ist eine Organisation der Arbeit unerläſslich. Der Einzelne kann bei dem heutigen Stande der Kenntnisse nur wenig zur Förderung derselben beitragen, wenn er nicht nach einem festen Plane in Verbindung mit einem meteorologischen Systeme arbeitet. Daher ist es dem Reisenden, der allein reist und den Wunsch hat, meteorologische Beobachtungen auf See anstellen zu können, sehr anzuraten, daſs er sich vor Antritt der Reise mit einem Institute für maritime Meteorologie in Verbindung setze, nach dessen Instruktionen arbeite und die zu verwendenden Instrumente daselbst mit den Normalinstrumenten desselben vergleiche (s. Hann, Meteorologie). Es empfiehlt sich, daſs er sich spezielle Aufgaben zur Bearbeitung stellen lasse, die solche Gegenstände berühren, welche nur selten eine Berücksichtigung finden können; dahin gehören beispielsweise die Beobachtungen über Feuchtigkeit der Luft mittels Hygrometer, am besten mit Assmanns Psychrometer (s. Hann 610), über Windstärke mittels kleiner Anemometer, welche elektrisch registrieren und luvwärts auf der Kommandobrücke, weit nach auswärts aufgestellt sind, über Luftelektrizität, Charakter und Zug der oberen

Wolken usw. Mit Bezug auf den zuletzt erwähnten Gegenstand nehme man sich die Methode von R. Abercromby [1]) zum Muster, der auf einer Reise um die Erde für meteorologische Zwecke überhaupt und das Studium der Wolken insbesondere (durch zahlreiche Photographien) Grundlegendes geleistet hat.

Meteorologische Beobachtungen auf See und in Verbindung mit einem Systeme und nach gegebenen Instruktionen ausgeführt, bedürfen hier keiner weiteren Erörterung, indem alles Nähere aus diesen Unterweisungen zu entnehmen ist und teilweise im Abschnitte über Meteorologie schon behandelt wurde. Das auf diese Weise Gegebene als bekannt voraussetzend, wird nur Gewicht darauf gelegt, dafs die Beobachtungen an Bord an Instrumenten gemacht werden müssen, die an ein und derselben dafür geeigneten Stelle erhalten werden; dies gilt sowohl mit Rücksicht auf Barometer als auf Thermometer und Psychrometer. Bei der Wahl der Aufstellungsorte hat man sich vielfach, unter Festhaltung der für dieselben geltenden allgemeinen Normen, nach gegebenen Verhältnissen zu richten, und lassen sich dafür nur schwer Regeln aufstellen, die in allen Fällen Anwendung finden können. Die Thermometer sind in einem Jalousiekästchen und an einem Stative befestigt so aufzustellen, dafs sie gegen Sonnenschein, Wind, Zug aus den Segeln und Wetter geschützt werden können und wird für diesen Zweck das von Neumayer auf seinen Reisen gebrauchte, von C. Bamberg, Mechaniker in Berlin, angefertigte meteorologische Stativ empfohlen.

In neuerer Zeit, wo das Assmannsche Psychrometer viel in Anwendung ist, mufs diese Anforderung an die Aufstellung modifiziert werden: Die Unveränderlichkeit des Aufstellungsortes ist nicht festzuhalten, vielmehr kann man seinen Stand je nach den Verhältnissen wählen.

Wenn die Aufstellung des Thermometers an einer festen Stelle an Bord eines bestimmten Schiffes zur Erlangung guter und vergleichbarer Resultate benutzt wird, so mufs den Beobachtern zur Pflicht gemacht werden, Versuche anzustellen, die darauf abzielen, den für die Thermometeraufstellung gewählten Ort mit andern durch gleichzeitige Beobachtungen zu vergleichen. Hierbei kann man so verfahren, dafs man der Reihe nach andere, je nach Segelstellung, Sonnenschein usw. gewählte Punkte, die für die Zeit einer Beobachtung — Vergleichung — den Anforderungen

---

[1]) R. Abercromby, Weather, London Kegan Paul, Trench & Co. 2 ed. 1888.

einer guten Beobachtungsstelle entsprechen, mit der Normalstelle in Beziehung bringt; man bedient sich hierbei eines einfachen transportablen Jalousiekästchens. Noch schneller und wohl auch sicherer dürfte man durch Anwendung des für diesen Zweck zu empfehlenden Rotationspsychrometers von Rung zum Ziele gelangen. Hat man dieses Instrument nicht zur Verfügung, so kann man eine Vorrichtung nach Art einer Knarre verwenden, wobei das Thermometer quer zum Griffe mit der Kugel nach auswärts liegt und durch eine leichte Schwingung der Hand, die den Griff hält, herausgeschleudert wird (Köppen).

Auch über Regenfall kann der einzelne Reisende auf See wichtige Beobachtungen anstellen und wesentliche Lücken in unserer Kenntnis des Betrages der Niederschläge ausfüllen. Bei der Aufstellung eines Regenmessers mufs aber mit besonderer Sorgfalt verfahren werden, damit einesteils nicht von Rahe und Tauwerk Wasser in das Auffanggefäfs fällt, anderseits nicht durch Segel usw., durch einen zu starken Luftzug oder gar durch Überdeckung der Niederschlag davon abgehalten wird. Der Regenmesser, welcher mit kardanischer Aufhängung versehen sein mufs, dürfte am zweckmäfsigsten auf einer Kommandobrücke ganz luvwärts aufzustellen sein. Die Beobachtung der Temperatur des Meerwassers an der Oberfläche in kürzeren Zeitintervallen und, wenn tunlich, ein oder anderthalb Meter unter der Oberfläche, was sich mittels eigens dafür konstruierter Gefäfse mit Boden, die sich unter einem gewissen Drucke öffnen, ermöglichen läfst, ist von Wichtigkeit zur Beantwortung bestimmter klimatologischer Fragen sowohl, als auch zur Feststellung der Temperatur der Meeresströmungen. Solche Messungen sollen namentlich dann häufig gemacht werden, wenn man sich Gebieten nähert, die wegen rascher Änderung der Temperatur bekannt sind, oder wenn man durch die eigenen Beobachtungen auf das Herannahen solcher Gebiete aufmerksam gemacht worden ist.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Meerwassers mit gut verglichenen (verifizierten) Instrumenten unter Angabe der Temperatur des Wassers, des Zustandes der See und des Wetters (ob Niederschläge) usw. kann nur alsdann dem Reisenden empfohlen werden, wenn er dabei die gröfste Sorgfalt anwendet. Die Aräometer werden am zweckentsprechendsten durch Vermittelung der Kommission zur Untersuchung der Deutschen Meere in Kiel bezogen (s. auch Seite 574 ff. dieses Bandes).

Zur Weiterentwicklung der meteorologischen Wissen-

schaft mit hydrographischen Zielen ist eine Vertrautheit mit der synoptischen (K. 12 ff.) Methode der Untersuchung atmosphärischer Vorgänge unerläßlich. Der Reisende wird wohl daran tun, sich vorher diese Vertrautheit zu erwerben, teilweise um selbst während der Reise daraus Nutzen zu ziehen, teilweise auch, um bei den Erhebungen über meteorologische Vorgänge durch die bei dieser Methode zur Anwendung gebrachten Gesichtspunkte geleitet zu werden.

In Beziehung auf die soeben erwähnten synoptischen Arbeiten ist zu bemerken, daſs sich dieselbe in den letzten 25 Jahren sehr entwickelt und vertieft haben. Die synoptischen Karten über den nordatlantischen Ozean, die von dem Dänischen Meteorologischen Institut und von der Deutschen Seewarte gemeinsam seit 1884 herausgegeben werden, bilden eine wesentliche Unterlage für die Entwicklung der meteorologischen Forschung, und es kann nicht genug empfohlen werden, daſs der Reisende sich mit den Grundlagen dieser Forschungsweise bekannt macht und bestrebt ist, dieselbe durch eigene Aufzeichnungen nach Möglichkeit zu unterstützen. Für die Seefahrt haben diese Arbeiten einen ganz besonderen Wert dadurch erhalten, daſs von den verschiedenen Meteorologischen Instituten der seefahrenden Nationen sogenannte „Monatskarten" über hydrographische und meteorologische Verhältnisse für einzelne Gebiete des Ozeans herausgegeben werden, so von den Vereinigten Staaten für den Nordatlantischen und Nordpazifischen Ozean, von der Deutschen Seewarte für den Nordatlantischen Ozean sowie für die Nord- und Ostsee (in letzterem Falle sind es Vierteljahrskarten), von Groſsbritannien für den Nordatlantischen Ozean und das Mittelländische Meer. Diese Karten erhalten für den Forschungsreisenden insofern Wert, als sie stets die neuesten Mitteilungen über hydrographische oder meteorologische Entdeckungen und Einrichtungen bringen. Der Forschungsreisende wird wohl daran tun, sich über diese Karten gründlich zu unterrichten, um daraus auch für seine Arbeiten wichtige Tatsachen zu entnehmen. Es wird demselben auch empfohlen, die verschiedenen Veröffentlichungen dieser Art nach Möglichkeit zu unterstützen, zumal er dadurch auch seine eigenen Bemerkungen über Länder- und Küstengebiete bereichern kann. Einer mit der soeben berührten verwandten Einrichtung muſs hier noch Erwähnung geschehen. Es sind dies die Karten über verschiedene Gebiete der Erde, welche die magnetischen Linien darstellen. Die Monatskarten der verschiedenen Institute enthalten auch zumeist Darstellungen der isomagnetischen Linien,

welche auch dem Reisenden zum Vorteil gereichen können, und die er auch durch Mitteilung an die betreffenden Institute manchmal wesentlich unterstützen kann.

Die wichtigsten Zentralstellen für maritime Meteorologie sind:

die Deutsche Seewarte in Hamburg,
das Meteorologische Amt in London,
das kgl. Niederländische Meteorologische Institut in Bilt (Utrecht),
das Dänische Meteorologische Institut in Kopenhagen,
das Norwegische Meteorologische Institut in Christiania,
das Hydrographische Departement in Washington,
das Alfred-Observatorium in Mauritius

und andere.

Den optischen Erscheinungen in der Atmosphäre ist in weiterer Ausführung von dem, was in der Abhandlung von Hann über Bewölkung und Wolken Seite 622 ff. gesagt worden ist, seitens der Reisenden und namentlich zur See eingehende Beachtung zu widmen. Auch bei Plassmann wird den optischen Erscheinungen Seite 682 ff. eingehende Aufmerksamkeit gewidmet, die aber hier im besonderen noch auf die Höfe, Lichtkränze, Ringe um Mond und Planeten gerichtet werden soll. Es ist bei diesen namentlich auf die Anordnung der Farben zu achten. Die eigentlichen Höfe, welche dicht um das Gestirn sind, haben das Rot nach aufsen gekehrt, während bei den Ringen, welche einen Durchmesser von 42—47° haben, das Rot nach innen gekehrt ist. Beobachtungen darüber sind höchst wünschenswert und werden auch Messungen der Durchmesser der Lichtringe, deren es zwei von verschiedenen Durchmessern gibt, anempfohlen. Die Literatur über diese wichtigen Erscheinungen, die bei ganz klarem Himmel nicht vorkommen, wohl aber oft in einem sehr dünnen cirrusartigen Schleier auftreten, ist wesentlich entwickelt worden durch Frauenhofer, Airy, Kämtz, Hagenbach, Jordan und vor allem durch Galle, der in einer klassischen Abhandlung Bahnbrechendes geleistet hat. (Poggend. Annalen, Band XLIX.) Von letzterem ist namentlich auch den Nebensonnen (Parhelien) usw. eingehende Untersuchung gewidmet worden. Die Beziehung, welche in jüngster Zeit zwischen Cirruswolken und magnetischen Vorkommnissen durch Herrn Osthoff wahrscheinlich gemacht worden ist, und wodurch namentlich in Verbindung mit Untersuchungen über die elfjährige Periode der Sonnenflecken des genannten Gelehrten eine festere Begründung erlangte (s. Anhang zur Abhandlung Plassmann in diesem Werke),

sollten dazu anspornen, eifrigste Beobachtung diesen optischen Erscheinungen in der Atmosphäre zu widmen.

Auch den Beobachtungen über den Regenbogen oder den Nebelbogen möge man Beachtung widmen, da durch die neueren theoretischen Untersuchungen von Pernter (Sitzungsberichte der kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien) nicht unwesentlich modifizierende Anschauungen bewirkt wurden.

Die Frage über die Ursache der blauen Farbe des Himmels ist durch Lord Rayleigh, der den blauen und violetten Strahlen als den kurzwelligsten, der diffusen Reflektion die blaue Farbe zuschreibt, möge in den verschiedenen Zonen der Erde Beachtung zugewendet werden; steht ein Polariskop zur Verfügung, so ist es wertvoll, damit die polarisierte Natur des diffusen reflektierten Lichtes in Verbindung mit der obigen Frage zu prüfen.

Durch anomale Schichtung wird eine Erscheinung erzeugt, die wir Luftspiegelungen (Fata morgana, Kimmung) nennen. Dem Zustand der Atmosphäre, namentlich der Temperatur und Feuchtigkeit in derselben zurzeit des Auftretens der Erscheinung, hat der Reisende häufig Gelegenheit, neue Gesichtspunkte abzugewinnen.

Es empfiehlt sich, aufser den Originalabhandlungen der oben angeführten Autoren, die Werke von Dr. C. F. W. Peters, Johann Müllers Lehrbuch der kosmischen Physik, V. Auflage, Seite 448—470, Dr. Siegmund Günther, Lehrbuch der Geophysik, II. Band, Seite 451—457, Dr. Höfler, Physik, Seite 642—649, und anderen zu studieren.

Mit Beziehung auf die magnetischen Abhandlungen in diesem Werke wird noch bemerkt, dafs es sich empfiehlt, dafs der Reisende eine Kenntnis der in Tätigkeit befindlichen magnetischen Observatorien der Erde besitzt. In einem der nächsten Abschnitte dieser Nachträge wird ein Verzeichnis solcher Observatorien folgen, worauf hier verwiesen werden mag. Es ist diese Kenntnis schon um deswillen wünschenswert, damit der Reisende sich vergewissern kann, ob die von ihm angestellten magnetischen Beobachtungen nicht zu Zeiten gröfserer Störungen in dem Magnetismus der Erde ausgeführt wurden. Hierher gehören auch die seismischen Stationen, deren Aufzeichnung dem Reisenden zur Vervollständigung seiner Notizen erwünscht sein müssen. In dieser Hinsicht verweisen wir auf den Abschnitt über Erdbebenkunde, Seite 374 ff. Dem zur See Reisenden ist oft Gelegenheit gegeben, Seebeben zu beobachten und wird auf den betreffenden Abschnitt dieses Werkes, Seite 381—383 verwiesen.

Von Wichtigkeit ist in den letzten Jahren die Bestimmung der Schwerkraftskonstante auf hoher See nach der auf Grund der Mohnschen Untersuchung über die Schwerekorrektion des Quecksilberbarometers abgeleiteten Methode von Dr. O. Hecker geworden. Wenn es auch für den Reisenden nicht möglich sein wird, durch seine eigenen Beobachtungen die diesbezüglichen Forschungen zu unterstützen, so ist es doch zu empfehlen, dafs er sich über die Methode und deren Ergebnisse orientiert[1]). Seit 20 Jahren ist die Forschung auf dem Gebiete der Schwerebestimmung zu Wasser und zu Land, namentlich durch die epochemachenden Arbeiten des Geheimrat Helmert in Potsdam so wesentlich erweitert und vervollkommnet worden, dafs absolute Bestimmungen von Reisenden nur selten mehr mit der wünschenswerten Schärfe ausgeführt werden können. Die berührte Methode „Bestimmung der Schwerkraft durch Vergleichung von Barometer und Siedethermometer“ bedingt, dafs Quecksilberbarometer in genügender Anzahl und von einem Präzisionscharakter einer Expedition für Schweremessungen zur See zur Verfügung stehen. Wir verweisen hier nur deshalb darauf, weil dadurch einem Reisenden evtl. Gelegenheit geboten werden kann, beim Begegnen einer solchen Expedition sein Barometer in zuverlässigster Weise zu vergleichen.

III. Bemerkungen zur Karte der Meeresströmungen.

Entworfen von Dr. O. Krümmel.

In weiterer Ausführung des von Herrn Prof. Dr. Krümmel, Seite 592—594, Gesagten mögen hier noch einige auf die Bedeutung der Meeresströme für die praktische Seefahrt bezughabende Worte folgen. Nicht nur bei der Segelschifffahrt, sondern auch bei der Dampfernavigation sind die Meeresströmungen von grofser Bedeutung, indem die durch dieselben verursachten Versetzungen auf die Fahrt nicht nur verzögernd oder beschleunigend einwirken, sondern auch an Küstenpunkten, wie bei Kap Finisterre oder Kap Oussant, eine erhebliche Gefahr bedingen können.

---

[1]) Einige Bemerkungen über die Schwerekorrektionen für Barometerhöhen von Prof. H. Mohn, Meteor. Zeitschrift 1901, Seite 49 ff. und wieder über die Konstanz von Siedethermometern aus dem Glase 59''' von Dr. O. Hecker, Meteor. Zeitschrift 1901, S. 424 ff.

Die Karte steht auf dem neuesten Standpunkte der Ozeanographie, d. h. sie wurde unter Zuhilfenahme des neuesten darüber gesammelten Materials entworfen. Für die Grundzüge der Strömung in den einzelnen Ozeanen unterscheidet sie die Strömungen in den Monaten Januar und Februar in kalte und warme Ströme in verschiedenen Abstufungen und die Geschwindigkeit während des Etmals in 24 Stunden. Auch sind die Gebiete, in welchen die Gezeitenströme vorherrschen, durch eine dunkle Schattierung für sämtliche Küsten, die hier in Frage kommen können, angedeutet.

Im Atlantischen Ozean haben wir im Norden das Gebiet der nördlichen Äquatorialströmungen, übergehend in den Kanarienstrom, wodurch nach Süden und Südosten hin das Gebiet der Stromlosigkeit, das besonders durch die Sargassosee bekannt ist, umschlossen wird. Im Norden dieses Gebietes zieht sich der Golfstrom oder die Golftrift hin, die im Meerbusen von Mexiko ihren Ursprung hat und sich bis weit nach der Küste von Norwegen hinzieht. Die Umkreisung dieses Gebietes im Sinne der Bewegung der Uhrzeiger [1]) tritt hier klar hervor, sowie sich auch die hohe Temperatur der Strömung erkennen läfst, die nur hier und da an der Begrenzung durch Eindringen kalter Strömungen, wie des Labradorstroms, charakterisiert ist. Ebenso sind die Gezeitenströmungen beispielsweise um Neufundland, Island, die britischen Inseln und in der Nordsee sowie an der Küste Norwegens zu erkennen.

Im Süden ist der Äquatorialstrom, der Brasilstrom und dessen Fortsetzung im Verbindungsstrome bis hinüber nach der Westküste Südafrikas die Begrenzung des stromlosen Gebietes bildend, um welches die genannten Strömungen im allgemeinen gegen die Bewegungen des Zeigers der Uhr kreisen. Auch hier spricht sich hohe Temperatur des Äquatorialstromes klar aus und wie sich in einzelnen Gebieten kalte Strömungen hereindrängen, wie beispielsweise der Kap Horn-Strom, der in den Brasilstrom übergeht, die Trift in dem Gebiet der Westwinde und der Benguelastrom nahe bei der Küste von Südwestafrika. Gebiete der vorwaltenden Gezeitenströmungen treffen wir hier an der Nordostküste von Südamerika bei der Mündung des Amazonenstromes, das sich hier weiter fortsetzt nach Westen hin bis zum Orinoko,

[1]) Man kann sich die Bewegung der Strömungen in diesem Gebiete veranschaulichen, indem man sie als eine Umkreisung des Wassers um ein zentrales Gebiet auffaſst.

ferner beim Kap Horn und der Südostküste von Amerika bis zum La-Plata.

Der Indische Ozean. Im Norden ist es die grofse Nordost-Monsuntrift, die von dem Meerbusen von Bengalen um Ceylon nach dem arabischen Meere und von dort an der Somaliküste entlang zieht und schliefslich in den Äquatorialgegenstrom gerade südlich vom Äquator, von Westen nach Osten fliefsend übergeht, wodurch auch ein gewissermafsen stromloses Gebiet abgegrenzt wird. Die Temperaturen der Strömungen sind hier stellenweise recht hoch, besonders auffallende Gezeitenströmungen werden hier beobachtet bei den Nordostküsten von Sumatra, die, sich an der Südwestküste von Hinterindien hinziehend, auch bei Ceylon und der gegenüberliegenden Küste von Vorderindien zu bemerken sind. Im Süden liegt, wie schon erwähnt, der Äquatorialgegenstrom an der Ostküste von Afrika, die Fortsetzung der Nordost-Monsuntrift, die einesteils in den Äquatorialgegenstrom übergeht, andernteils sich fortsetzt der Südostküste Afrikas entlang bis zum Agulhasstrom, während sich der Äquatorialstrom an der Ostküste von Madagaskar hinzieht und gewissermafsen das stromlose Gebiet (oder das mit variabeln Strömungen) im Sinne der Bewegung gegen die Uhrzeiger [1]) umkreisend, mit dem westaustralischen Strome einen Abschlufs desselben bildet. Hochtemperierte Strömung ist im Osten des Gebietes, während im Westen kältere Strömung vorherrscht. Die Inseln St. Paul und Amsterdam bilden gewissermafsen einen Abschlufs der warmen Strömungen, da im Süden das Gebiet der kühleren Westwindtrift liegt. Von Gezeitenströmungen ist das Gebiet um Sansibar und jenes bei dem Ausflusse des Sambesi besonders hervorzuheben.

Der Stille Ozean. Im Norden ist von besonderer Bedeutung der aus der Chinasee hervorkommende Kuro-shiostrom, welcher an der Südostküste von Japan hinzieht und in der Westwindtrift ausläuft; er umschliefst das Gebiet leichter und veränderlicher Strömungen. Dieses Gebiet ist im Süden von dem nördlichen Äquatorialstrom und im Nordosten von dem Kalifornstrome umschlossen, welche im Sinne der Bewegung der Uhrzeiger dasselbe umkreisen. Gerade nördlich vom Äquator und zwischen diesem und dem nördlichen Äquatorialstrom ist das Gebiet des Äquatorialgegenstroms, der von Osten gegen Westen zieht. Von den Gebieten der Gezeitenströmungen sind hier als von besonderer Bedeutung zu erwähnen:

---

[1]) Als eine Veranschaulichung.

die Küste von Hinterindien, das gelbe Meer, die Südostküste von Japan und Yesso mit Sachalin bis in das Ochotskische Meer an der Mündung des Amur, ferner bei den Aleuten an der Küste von Nordamerika, sowie an dieser Küste bis zur Vankouverinsel. Ein kalter Strom drängt sich aus der Beringsee gegen den Kuro-shio und die Westwindtrift.

Im Süden wird das Gebiet unbestimmter und schwacher Strömungen umkreist von dem südlichen Äquatorialstrom im Norden, im Osten nahe der Küste von Australien der ostaustralische Strom; im Norden zieht von Neuseeland über die Kermadecinseln und im Osten die warme Strömung in der Nähe des kalten peruanischen Stromes. Die Umkreisung ist gegen den Sinn der Bewegung der Uhrzeiger. Südlich von dem Verbindungsstrom von Neuseeland gegen die Ostküste von Südamerika ist das Gebiet der Westwindtrift. Von den Gezeitenströmen sind zu erwähnen, in der Bafsstrafse, der Haravurasee zwischen Australien und Neuguinea im ostindischen Inselgebiete: Sumatra, Malaka, Java, Borneo und Celebes, und an der Südspitze von Südamerika, von Valdivia bis zum Kap Horn.

In der Nebenkarte ist die Anordnung der Meeresströmungen in den Monaten Juli und August gegeben, zwischen dem Wendekreis des Steinbocks und dem Wendekreis des Krebses. Die Darstellung gibt für diese Monate in Verbindung mit der Hauptkarte die wesentlichsten Veränderungen, die ja nur innerhalb der Wendekreise vorgehen. Im Atlantischen Ozean sind nur die Strömungsverhältnisse schärfer ausgeprägt. Der nördliche und südliche Äquatorialstrom treten nun bestimmter hervor, und ist namentlich auch der Guineastrom in seinem Verlaufe längst der Küste und der Bucht von Benin schärfer abgegrenzt, als dies in der Winterjahreszeit der nördlichen Hemisphäre der Fall sein kann. Der Benguelastrom dringt, eine schärfere Begrenzung veranlassend, in das Strömungsgebiet in der Nähe des Äquators ein; die Gebiete der Gezeitenströmungen bleiben nahezu unverändert.

Der Indische Ozean zeigt wenig Veränderungen, und diese sind nun durch die Monsunverhältnisse bedingt. Statt der Nordost-Monsuntrift tritt nun die Südwest-Monsuntrift stärker hervor und verbreitet sich weiter gegen den Äquator zu, wodurch das Gebiet indifferenter Strömungen, anstatt wie unter dem herrschenden Nordost-Monsun nach Norden hin, mehr nach Süden vom Äquator verschoben wird; entsprechend tritt der Äquatorialstrom mehr nach der Gegend zwischen 10 und 20° südlicher Breite zurück; auch die

Temperaturverhältnisse der Strömungen sind dementsprechend verschoben. Die Gezeitenströmungen bleiben nahezu die gleichen.

Der Stille Ozean ist in der Sommerzeit der nördlichen Hemisphäre durch stärkeres Ausgeprägtsein der Strömungen charakterisiert. Nördlicher Äquatorialstrom und südlicher Äquatorialstrom liegen nun nordwärts verschoben und sind klar und bestimmt ausgedrückt. Dafs entsprechend diesen Änderungen auch die kalten Strömungen im Westen des amerikanischen Kontinentes schärfer ausgeprägt sind, dürfte sich von selbst ergeben.

Es ist sonst nichts mehr zu erwähnen, was zum gröfseren Verständnis der Darstellung dienen könnte, und mag daher das vorstehend Gesagte und das in dem Artikel von Krümmel Angeführte zum vollen Verständnis und dementsprechend zur Benützung der Karte genügen.

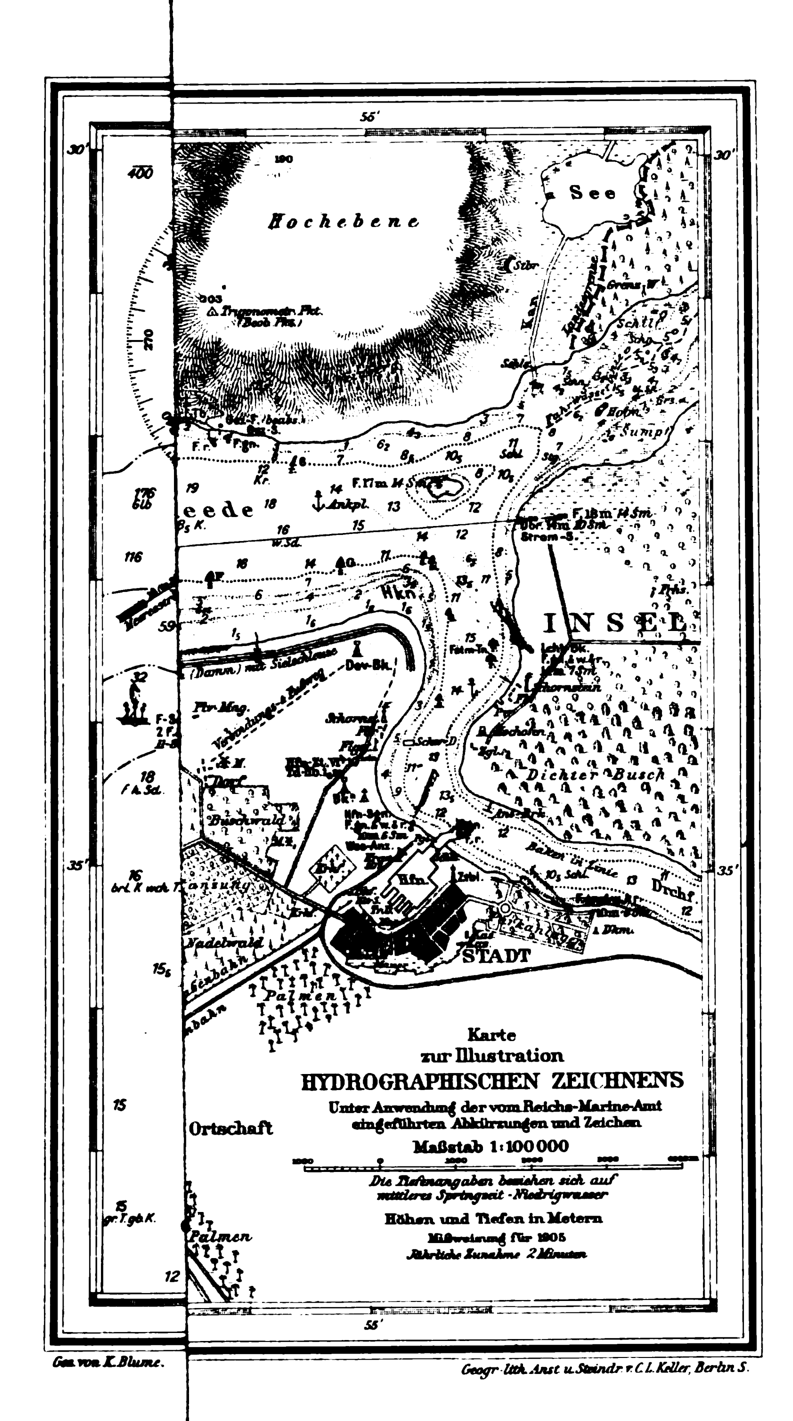
Alles, was ganz im allgemeinen hier angeführt wurde, zeigt im einzelnen begreiflicherweise zahlreiche Abweichungen, wie dies ausdrücklich hervorgehoben werden mufs: es kann die Darstellung, wie vortrefflich dieselbe auch ist, und wie sehr sie, wie auch nochmals hervorgehoben werden soll, nur bis zu einem gewissen Grade als schematisch aufgefafst werden.

In der Abhandlung, zu welcher die Karte gehört, werden nur die einzelnen Grundverhältnisse kurz berührt, weshalb es in Anerkennung der hochverdienstlichen Veröffentlichung zweckmäfsig erschien, nochmals des näheren auf die Vorzüge der Darstellung in der Karte zurückzukommen.

IV. Hydrographisches Zeichnen und geographische und topographische Benennungen.

Als Ergänzung zu dem, was in dem Artikel „Nautische Vermessungen" von P. Hoffmann ausgeführt worden ist, sollen hier noch einige Winke über das Niederlegen der Resultate der Aufnahmen von Karten und Plänen angefügt werden. Zur Erläuterung der darauf bezughabenden Ausführungen ist hier eine Zeichnung (Karte) beigegeben. Dabei sei erwähnt, dafs wir uns zu diesem Behufe der von dem k. Reichsmarineamte eingeführten neuesten Bezeichnungen und Abkürzungen bedient haben.

Die Situation dieser Zeichnung ist eine völlig erdachte


Karte
zur Illustration
HYDROGRAPHISCHEN ZEICHNENS
Unter Anwendung der vom Reichs-Marine-Amt
eingeführten Abkürzungen und Zeichen
Maßstab 1:100000
Die Tiefenangaben beziehen sich auf
mittleres Springzeit-Niedrigwasser
Höhen und Tiefen in Metern
Mißweisung für 1905
Jährliche Zunahme 2 Minuten
Hochebene
See
INSEL
STADT
Dichter Busch
Ortschaft
Palmen
Nadelwald
Buschwald
Dorf
Sumpf
Trigonometr. Pkt.
Ges. von K. Blume.
Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

und so gewählt, dafs alle bei der Anfertigung von Seekarten notwendigen Abkürzungen, Signaturen und Seezeichen zur Anwendung kommen konnten. Auch das Kolorit ist das in den kartographischen Arbeiten des Reichsmarineamts verwendete.

Erklärung der Abkürzungen in den von der Nautischen Abteilung des k. Reichsmarineamtes neuestens herausgegebenen Karten.

Für den Reisenden, der sich mit nautischen Aufnahmen beschäftigen will und Karten entwirft, mufs anempfohlen werden, sich dieser Abkürzungen und der in der Karte zur Illustration hydrographischen Zeichnens erklärten Signaturen und Seezeichen bei seinen Arbeiten zu bedienen, wenn er nicht Gefahr laufen will, dafs dieselben unverwendet liegen bleiben. Gegen die früheren in Band I, Seite 620 ff. enthaltenen Abkürzungen, Erklärungen usw. sind die im nachfolgenden zum Abdrucke gebrachten Tabellen (I u. II) nicht unerheblich erweitert und, weil durch die Erfahrung erprobt, auch verbessert. Im nachfolgenden sind dieselben zum Abdrucke gebracht.

I.

Benennungen für Seezeichen und Leuchtfeuer.

Feste Seezeichen.

Bk, Bk^n.	Bake, Baken
Dlb.	Dalben
Dev-Bk.	Deviationsbake
Kmpss-Bk.	Kompensierungsbake
Lcht-Bk.	Leuchtbake
Lcht-Tm.	Leuchtturm
Ml-Bk.	Meilenbake
Sperr-Sgn-Bk.	Sperrsignalbake
T-Bk.	Telegraphenbake
Wk-Bk.	Winkbake

Schwimmende Seezeichen.

Anst-Tn.	Ansteuerungstonne
Fstm-Tn.	Festmachetonne
Gl-Tn.	Glockentonne
Hl-Tn.	Heultonne
Lcht-Tn.	Leuchttonne
Ml-Tn.	Meilentonne
Pos-Tn.	Positionstonne
Qrt-Tn.	Quarantänetonne
T-Tn.	Telegraphentonne
Wr-Tn.	Wracktonne

Leuchtfeuer.

F.	Festfeuer, weifs
F.w. & r.	Festfeuer, aus weifsen und roten Sektoren bestehend
Ubr.	Unterbrochenes Feuer, weifs mit Einzelunterbrechungen
Ubr. Grp.	Unterbrochenes Feuer, weifs mit Gruppen von (2—5) Unterbrechungen
Wchs. w. r.	Wechselfeuer mit Einzelwechseln weifs und rot
Wchs.Grp.w.gn.	Wechselfeuer mit Gruppen von (2—5) Wechseln weifs und grün
Blk.	Blinkfeuer, weifs mit Einzelblinken
Blk. Grp.	Blinkfeuer, weifs mit Gruppen von (2—5) Blinken

F. m. Blk.	Festfeuer, weiß mit Blinken	Blz. Grp.	Blitzfeuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Blitzen
Blz.	Blitzfeuer, weiß mit Einzelblitzen	Mi.	Mischfeuer
F. m. Blz. Grp.	Festfeuer, weiß mit Gruppen von (2—5) Blitzen	P-F.	Postfeuer
		Gez-F.	Gezeitenfeuer
		F-Sch.	Feuerschiff

Benennungen für Schiffahrtseinrichtungen.

Brf-Tb.	Brieftauben	Schw-D.	Schwimmdock
Eis-S.	Eis-Signalstation	See-T-A.	See-Telegraphenanstalt
Flgmst.	Flaggenmast	Seez-Sgn.	Signale über das Ausliegen von Seezeichen
Flgst.	Flaggenstock	Sem.	Semaphor
Fnk-T-S.	Funken-Telegraphenstation	Sgnmst.	Signalmast
Gez-S.	Gezeiten-Signalstation	Sgn-S.	Signalstation mit telegraphischer Verbindung
Hfn-Sgn.	Hafensignale	Strom-S.	Strom-Signalstation
L-S.	Lotsenstation	Strm-S.	Sturmwarnungs-Stelle
Ld-Sgn-S.	Lloyd-Signalstation	T-S.	Telegraphenstelle oder Fernsprecher
M-Sgn-S.	Marine-Signalstation	Tr. D.	Trockendock
N-S.	Nebel-Signalstation	Wss-Anz.	Wasserstands-Anzeiger
(Gl.)	„ Glocke	Wss-S.	Wasserstands-Signalstation
(Gg.)	„ Gong	W-Sem.	Windsemaphor
(H.)	„ Horn oder Trompete	Ztbl.	Zeitball
(K.)	„ Kanone oder Knall	Zt-Sgn.	Zeitsignal
(Pf.)	„ Pfeife	Z-S.	Zufluchtsstation für Schiffbrüchige
(R.)	„ Rakete		
(Sir.)	„ Sirene		
R-S.	Rettungsstation		
(B.)	„ Boot		
(Lt.)	„ Leiter		
(M.)	„ Mörser		
(R.)	„ Raketenapparat		

Nautische Bezeichnungen der Maſse.

Ankpl.	Ankerplatz	Pos?	Position zweifelhaft
Ans.	Ansicht	Spr.	Springzeit
B-B.	Backbord	St-B.	Steuerbord
Br.	Breite	Strom-Kbblg.	Stromkabbelung
D-Adm-K.	Deutsche Admiralitätskarte	Vorh?	Vorhandensein zweifelhaft
H-Wss-H.	Hochwasserhöhe	N, O, S, W	Nord, Ost, Süd, West
Td-Hb.	Tidenhub	Kblg.	Kabellänge
Greenw.	Greenwich	km	Kilometer
Hfn-Zt.	Hafenzeit	m	Meter
H-Wss.	Hochwasser	Sm	Seemeile
Lg.	Länge	h	Stunde
Miſsw.	Miſsweisung	min	Minute
Nd-Wss.	Niedrigwasser	sek	Sekunde
Np.	Nipp-	t	Tonne (Gewicht)

Eigenschafts- und Bindewörter.

auffall.	auffallend	gr.	grau	s.	schwarz
b.	bei	gb.	grob	tr.	trocken
beabs.	beabsichtigt	gſs.	groſs	u.	und
bl.	blau	gn.	grün	unr.	unrein
br.	braun	ht.	hart	U.	Unter
brl.	bräunlich	h.	hell	ubr.	unterbrochen
brt.	breit	kl.	klein	vdklt.	verdunkelt
bnt.	bunt	mw.	miſsweisend	vrsw.	versuchsweise
dkl.	dunkel	mt.	mittlerer	wch.	weich
elekt.	elektrisch	Ob.	Ober	w.	weiſs
f.	fein	od.	oder	zrst.	zerstört
fls.	felsig	or.	orange	ztws.	zeitweise
g.	gelb	rw.	rechtweisend	zbr.	zerbrochen
geogr.	geographisch	r.	rot		

Grundbeschaffenheit.

Aust.	Austern	L.	Lehm	Schn.	Schnecken
Fls.	Felsen	M.	Muscheln	Sst.	Seesterne
Frm.	Foraminiferen	Pt.	Pteropoden	Stg.	Seetang
Glb.	Globigerinen	Rdl.	Radiolarien	Sp.	Sprenkeln
Grs.	Gras	Rgd.	Riffgrund	St.	Steine
K.	Kies	Schl.	Schlamm	T.	Ton
Kor.	Korallen	Sd.	Sand		
Kr.	Kreide	Sk.	Schlick		

Geographische und topographische Benennungen.

A.	Amt, Anstalt	Fls.	Felsen
Anl-Brk.	Anlegebrücke	Fj.	Fjord
		Fl.	Fluſs
Bhf.	Bahnhof	Frhs.	Forsthaus
B.	Bai, Bucht	Ft.	Fort
Bnk. Bnke.	Bank, Bänke	Fd.	Föhrde
Bar.	Baracke		
Batt.	Batterie	Gbg.	Gebirge
Beob-Pkt.	Beobachtungspunkt	Glt.	Gletscher
Bg. Bge.	Berg, Berge	G.	Golf
Brdg.	Brandung	Grenz-W.	Grenzwache
Bn.	Brunnen	Gd. Gde.	Grund, Gründe
Brk.	Brücke	Hfn.	Hafen
Bh.	Buhne	Hkn.	Haken
		H-I.	Halbinsel
Dm.	Damm	Hlt-S.	Haltestelle
Dkm.	Denkmal	Hs.	Haus
Drchf.	Durchfahrt	Hm.	Holm
Einf.	Einfahrt	Hk.	Huk
		Hg.	Hügel
Fbr.	Fabrik	Ht.	Hütte
Fhrwss.	Fahrwasser		
Fh.	Fähre	I. In.	Insel, Inseln

Kan.	Kanal	Plv-Mag.	Pulvermagazin
K.	Kap	Pkt.	Punkt
Kpl.	Kapelle	Rd.	Reede
Kas.	Kaserne	R.	Riff
Kr.	Kirche	Sd.	Sand
Kr-Tm.	Kirchturm	St.	Sankt
Krhf.	Kirchhof	Schls.	Schleuse
Klp.	Klippe	Schl.	Schlofs
Kpf.	Kopf	Schornst.	Schornstein
Krn.	Kran	Schp.	Schuppen
Kst-W.	Küstenwache	Sp.	Spitze
Lgr.	Lager	S.	Station, Stelle
Ld.	Land	St.	Stein
Ldg-Brk.	Landungsbrücke	Stbr.	Steinbruch
Laz.	Lazarett	Str.	Strafse
Mag.	Magazin	Sd.	Sund
Mb.	Meerbusen	T.	Teich
Mss-S.	Missions-Station	Tp.	Tempel
M.	Mühle	Tm.	Turm
Mdg.	Mündung	Vw.	Vorwerk
Pv.	Pavillon	Wss.	Wasser
Pgl.	Pegel	Wrt.	Wärter
Pfl.	Pflanzung	Zgl.	Ziegelei
Pl.	Platz		
P-A.	Postamt		

Es wird hier noch im besondern bezüglich des hydrographischen Zeichnens auf die diesem Werke beigegebene Karte der Meeresströmungen hingewiesen und dabei hervorgehoben, dafs auch in diesem Falle die Bezeichnungen und Erklärungen in Arbeiten verwandter Natur beizubehalten sind. Auch diese sind aus der Erfahrung und der nahezu allgemeinen Gepflogenheit entnommen. Nur bei Befolgung der darin enthaltenen Normen erhalten bezügliche Arbeiten des Reisenden einen allgemeinen Wert. Durch Abweichen davon laufen oft mühsam errungene Resultate Gefahr, unbenützbar zu sein.

Dieses Blatt gibt in Verbindung mit der Karte der Meeresströmungen von Krümmel alle Anhaltspunkte, die erforderlich sind, um bei hydrographischen oder ozeanographischen Darstellungen möglichste Einheitlichkeit zu erzielen, und es sollten deshalb die hier gegebenen Bezeichnungen in Verbindung mit jenen, die in wissenschaftlichen Arbeiten in Verbindung mit Fauna und Flora gemacht werden können, zur Anwendung kommen. Es bezieht sich dies sowohl auf die Beschreibung der Grundverhältnisse und Grundorganismen, wie namentlich auch auf alle das Plankton usw. betreffenden Strömungsverhältnisse in Kanälen oder beständig in einer Richtung fliefsen-

den Wassermassen oder auch auf alle jene, die der Wechselwirkung von Ebbe und Flut unterworfen sind.

Der Reisende tut wohl daran, sich über alles das, was zur Vervollständigung des beigegebenen Planes, oder auch zur klaren Bestimmung eines Gebietes, oder endlich zur Erläuterung bestimmter vorkommender Naturerscheinungen dienen kann, sorgfältig zu erkundigen und das Gesammelte kritisch zu beleuchten.

Nachtrag zu der Abhandlung von Richthofen „Geologie“, 7. Korallenbauten, Seite 345—351 u. 356, 357.

Von Prof. Dr. Voeltzkow.

Über den Aufbau jener Gebilde, die mit dem Namen der Korallenriffe bezeichnet werden, ist, soviel auch schon darüber geschrieben wurde, eigentlich verhältnismäfsig wenig Zuverläfsliches bekannt.

Die Beobachter beschränken sich in der Regel darauf zu erwähnen, sie hätten da und dort ein Korallenriff gesehen und besucht, und beschreiben dasselbe dann unter besonderer Hervorhebung jener Riffpartien, an denen die Korallen am üppigsten gedeihen, und verallgemeinern später die an derartigen für das Wachstum der Korallen günstigen Stellen gewonnenen Anschauungen für Theorien über den Aufbau des Riffes in seiner Gesamtheit. Es findet dies darin seine Erklärung, dafs die Mehrzahl der Besucher derartiger Riffe, in den landläufigen Anschauungen über den Aufbau derselben befangen, geneigt ist, sowie sie überhaupt lebende Korallen, noch dazu in besonderer Schönheit und Üppigkeit vor sich sehen, anzunehmen, es liege ein von Grund aus durch die Tätigkeit der Korallen aufgebautes Riff vor. In der Mehrzahl der Fälle hält aber diese Ansicht exakter Forschung nicht stand, und es findet sich häufig tatsächlich als Grundstock eine alte massive Kalkbank, gleichviel welchen Ursprungs und welcher Zusammensetzung vor, und ihr aufgesetzt eine Rinde lebender Korallen wechselnder Dicke, die aber 1 m selten übersteigt, also zwei Gebilde, die sowohl in bezug auf Zusammensetzung wie auf zeitliche Entstehung völlig voneinander verschieden sind.

Es liegt jedoch gerade darin der Kernpunkt der Frage, an dem zukünftige Forschungen in erster Linie einzusetzen haben, und es kann sich ein jeder, auch ohne besondere Vor-

kenntnisse zu besitzen, durch Prüfung dieser Verhältnisse in einem gegebenen Falle grofse Verdienste erwerben. Denn gerade bei dem Widerstreit der Meinungen und der Verschiedenheit der aufgestellten Theorien, ist nur durch Klarlegung eines jeden Falles, also durch möglichst zahlreiche Detailforschung ein Fortschritt für die Gesamtheit und eine Klärung unserer Ansichten über den Aufbau dieser Meeresgebilde zu erwarten.

Man hat sich also in erster Linie die Frage vorzulegen, liegt wirklich ein echtes Korallenriff vor, also ein in seiner ganzen Mächtigkeit in der Hauptsache durch die Tätigkeit der Korallen aufgebautes Riff, oder wird nur ein Korallenriff vorgetäuscht, und haben wir vor uns nur einen Korallengarten, d. h. zertrennt beieinander stehende, einzelne Blöcke von Korallen, freilich von oft recht mächtigen Dimensionen, die auch zu Kolonien verschiedener Arten pilzartig sich zusammenschliefsen können, aber immerhin doch nur einzelne Korallenstöcke, wie Blumen auf einem ihnen fremden Boden anderer Zusammensetzung aufgewachsen.

Es ist daher stets eine Prüfung des Untergrundes vorzunehmen, die freilich in der Regel nur mit Brechstangen auszuführen ist und am besten bei tiefster Ebbe an den Wänden von Kanälen im Riff oder durch Taucher an felsartigen von Korallen freien Vorsprüngen des Untergrundes auszuführen ist.

Die Riffe im westlichen Indischen Ozean erwiesen sich ohne Ausnahme als Bestandteile mächtiger massiver Kalkbänke wechselnder Zusammensetzung, die durch eine Niveauverschiebung, hervorgerufen durch einen über jenes ganze Gebiet gleichmäfsig ausgedehnten Rückzug des Meeres von geringem Betrage, trocken gelegt, durch die Gewalt der Wogen im Laufe der Zeiten bis zur mittleren Flut-Ebbezone abrasiert und dann an günstigen Stellen von Korallen besiedelt worden sind.

Die auf diesen Riffen aus dem Meer hervorragenden Inseln, Felsen und Bänke liefsen sich in allen Fällen als letzte Reste des der Zerstörung anheimgefallenen Mutterriffes nachweisen und bildeten mit ihrer Unterlage ein einheitliches Ganzes von gleicher Zusammensetzung wie diese, und sind infolge ihrer gröfseren Härte bisher erhalten geblieben, müssen aber einst gleichfalls dem Untergang anheimfallen. Es mufs besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dafs aus dem Riff emporragende Partien stets darauf hin zu untersuchen sind, ob sie mit der Riffläche ein einheitliches Ganzes bilden, also an ihrem Fufs, dort freilich häufig spaltförmig unterwaschen, in die Strandterrasse übergehen. Besondere Be-

achtung verdienen in dieser Hinsicht die von vielen Seiten beschriebenen Riesenblöcke an der Riffkante, die den gültigen Theorien nach durch die Gewalt der Wogen vom äufseren Abhang des Riffes losgebrochen und auf die Riffläche geworfen worden sein sollen. Stets ist auf das eingehendste zu prüfen, ob diese Blöcke wirklich lose auf dem Riff liegen, und ob mechanisch überhaupt die Möglichkeit für eine derartige Herkunft gegeben sein kann, oder ob vielmehr nicht auch in diesen Fällen nur erhalten gebliebene Partien des einst in seiner Gesamtheit höheren, aber nunmehr bis zur Flut-Ebbezone abgeschliffenen Riffes vorliegen.

Besonders an Atollen ist mit erhöhter Aufmerksamkeit auf derartige Blöcke zu achten, ferner auch darauf, ob bei Atollen die Teile über dem Meeresniveau, also das feste Land stets nur aus Trümmermaterial besteht, oder ob sich auch hier an einzelnen Punkten Reste eines älteren Grundriffes auffinden lassen.

Stets ist Gelegenheit zu suchen, den Aufsenrand des Riffes bei ruhigem Wetter im Boote zu befahren, und zu untersuchen, ob denn wirklich, wie stets behauptet wird, der Steilabfall mit Korallen besetzt ist, denn im Kanal von Mozambique ist dies z. B. nicht der Fall, und die Insel Europa zeigt den äufseren mauerartigen Abfall gänzlich ohne Korallen.

Ferner ist zu prüfen ob in der Tat der Ort der gröfsten Wachstumsintensität der Korallen die Brandungszone der Riffkante ist, was für den westlichen Indischen Ozean jedenfalls nicht zutrifft, oder sich auf die Partien ruhigeren, aber natürlich von Sedimenten freien Wassers innenwärts des eigentlichen Riffes konzentriert.

Gerade der verschiedenen Höhe der Gezeiten, die infolge von Strömungsverhältnissen, durch Aufstauung des Meeres in Buchten und aus anderen Ursachen, auch bei örtlich nicht sehr weit voneinander entfernten Punkten, eine wesentlich verschiedene sein kann, mufs erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Es dürfte in vielen Fällen diese verschiedene Höhendifferenz von Ebbe und Flut vollständig genügen zur Erklärung des wechselnden Aussehens einzelner Küstenpartien; denn bei einem Gezeitenunterschied von nur 1 m mufs sich natürlich eine andere Form der Steilküste herausbilden als bei einem solchen von 5—6 m Höhe. Während im ersteren Falle die Ausarbeitung der Steilküste nur eine unbedeutende sein kann, wird im zweiten Falle die Strandterrasse tiefer abrasiert, die Hohlkehle der Steilwand erreicht 3—4 m, kurz, die beiden, durch gleiche Ursachen erzeugten Steilküsten werden ein wesentlich voneinander verschiedenes Bild darbieten.

Die Bestimmung der Schneegrenze und die Schneeverhältnisse in Gebirgen.

Über die Lage der Schneegrenze ist bis heute, wenn wir von deren Bestimmung in einzelnen Gebirgsgebieten absehen, wenig Zuverlässiges bekannt. Ein wesentlicher Grund dieser Lücke im geographisch-physikalischen Wissen ist in der Unbestimmtheit und der daraus sich ergebenden Unklarheit der Definition der Schneegrenze zu erkennen. Für die Erklärung klimatologischer Vorgänge sind aber die Schneeverhältnisse von hervorragender Bedeutung, aus welchem Grunde es denn auch wichtig ist, über die Frage der Schneebedeckung, der Verbreitung des Schnees nach Höhe und Jahreszeit, gute und zuverlässige Angaben zu sammeln. Der Reisende wie der Forscher zu Hause kann sich durch Erhebungen in der angedeuteten Richtung grofse Verdienste um klimatologische Forschung und physikalisch-geographisches Wissen erwerben. Professor Ratzel hat sich bemüht, den Sinn für diese Forschungen durch mehrere Aufsätze zu wecken und durch klare und bestimmte Definition vor irriger Auffassung und nutzlosen Beobachtungen zu schützen. Folgen wir hier seinen Ausführungen, so sei zuerst erwähnt, dafs man zwei Schneelinien zu unterscheiden hat: die orographische Schneelinie, die Grenze der gesellig auftretenden Schneeflecken und die klimatische Schneelinie, die Grenze der ausgedehnten und nach Möglichkeit zusammenhängenden Schneefelder. Es sollten stets die beiden Linien bestimmt, bei der ersteren die Art der Lagerung des ewigen Schnees besonders genau ermittelt werden. Ratzel fafst die hierbei zu lösenden Aufgaben in folgender Weise zusammen: „Die Schneegrenze liegt da, wo die ausdauernden Schneelager gesellig oder in gröfserer Ausdehnung, also unter Umständen aufzutreten beginnen, welche grofse allgemeine Ursachen voraussetzen lassen. Diese Ursachen liegen entweder vorwiegend in Lage und Gestalt des Bodens, dem der Schnee aufruht, sie sind orographischer Natur, oder in den meteorologischen Bedingungen der Höhenzone, in der er sich findet; sie sind klimatischer Natur. Beide Gruppen von Ursachen ändern sich je nach der Exposition, dem isolierten oder zur Gebirgsmasse vereinigten Vorkommen der betreffenden Höhen, auch nach der Unterlage, was bei der Bestimmung besonders in der Richtung zu beachten ist, dafs mittlere Zahlen von geringerem Werte sind als Zahlen, welche die Extreme an verschiedenen Seiten eines

Berges, eines Gebirges, einer Insel usw. motiviert angeben. Endlich ist die Zeit der Bestimmung zu berücksichtigen, als welche der Punkt zu wählen ist, in welchem die Abschmelzung aufhört, die Flächenausdehnung eines Schneelagers zu verringern."

Es mufs besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dafs man bei den Grenzbestimmungen die normale Schneedecke zu berücksichtigen hat, d. h. es dürfen Stellen, welche durch Abrutschungen oder durch Windwirkung von Schnee bedeckt oder entblöfst worden sind, nicht zu den Bestimmungen benutzt werden. Wenn wir mit A. von Kerner[1]) als absolute Schneegrenze diejenige Linie bezeichnen, bis zu welcher die normale Schneedecke am Tage ihrer höchsten Lage im Jahre sich zurückgezogen hat, und sie genau bestimmen, so werden wir auch ein wesentliches Moment für die Gletscherbildung gewonnen haben. Die Gestaltung des Bodens, die in einem jeden Falle genau zu verzeichnen ist, wird über den Verlauf der Schneegrenze im Detail (in Mulden und Karen usw.) Aufschlufs zu geben vermögen. Aufser den periodischen Schwankungen der Schneegrenze ist den aperiodischen nachzuforschen und sind sie, wenn dazu Zeit und Gelegenheit gegeben ist, nach den mittleren Extremen zu charakterisieren, deren Differenzen die mittlere Schwankung der Höhe der Schneegrenze in einem bestimmten Monat darstellt. Strengste Beachtung der Himmelsrichtung, nach welcher hin eine genaue Beobachtung gemacht wurde, mufs zur ersten Pflicht gemacht werden. Oft, und zwar in den meisten Fällen, wird es dem Reisenden nur möglich sein, gemachte Aufzeichnungen so eingehender Art zu sammeln; sie selbst zu machen, fehlt ihm in der Regel die Zeit.

Ratzels Fragebogen über die Schneeverhältnisse in Gebirgen.

Die folgenden 22 Fragen über Tiefe, Ausdehnung und Dauer der Schneedecke sind zur Förderung der Kenntnisse über Schneegrenze und Schneevorkommen tunlichst eingehend zu beantworten, weil dadurch Geographie, Geologie und Meteorologie durch wertvolle Resultate bereichert werden würden. Im Anschlufs an die auf Seite 629—632 dieses Bandes gestellten Fragen mögen diese der Beachtung der Reisenden empfohlen werden:

[1]) Fr. R. Kerner von Marilann: Untersuchungen über die Schneegrenze im Gebiete des mittleren Inntales.

1. Wann fällt der erste Schnee auf den Bergen in der Umgebung Ihres Wohnortes? Wie hoch sind diese Berge? Wenn Aufzeichnungen vorhanden sind, bittet man um Angabe des Datums.
2. Von welcher Zeit an liegt die vollständige oder mit Lücken dauernde Schneedecke?
3. Wann bleibt gewöhnlich der Schnee in Ihrem Wohnorte selbst liegen? Wie hoch ist Ihr Wohnort?
4. Werden im Laufe des Winters die Berge Ihrer Umgebung zeitweilig schneefrei? In welcher Höhe und auf welcher Seite geschieht dies am frühesten?
5. Wann verschwindet der gröfste Teil der winterlichen Schneedecke?
6. Wie lange bleiben die letzten Reste derselben liegen?
7. Wie weit erstreckt sich gewöhnlich die bleibende Schneedecke nach unten hin?
8. An welchen Stellen liegt gewöhnlich in Ihrer Gegend der Schnee am tiefsten? Wie tief?
9. Wo häuft der Wind in Ihrer Umgebung die gröfsten Schneewehen an? Wie verhalten sich zu denselben die verschiedenen Abhänge der Berge oder Höhenzüge?
10. Welchen Einflufs haben die Bodenformen auf das Liegenbleiben des Schnees? Man beachte besonders die Abhänge von verschiedener Steilheit, Gipfel, Schluchten, Talhintergründe, Mulden.
11. Welchen Einflufs übt die Beschaffenheit der Oberfläche, je nachdem diese Stein, Geröll, Sand oder Erde ist, auf das Liegenbleiben des Schnees aus?
12. Welchen Einflufs übt die Pflanzendecke und besonders der Wald auf das Liegenbleiben des Schnees?
13. Welchen Einflufs übt die Nähe des Wassers auf das Liegenbleiben des Schnees? Auch Sümpfe und Moore sind dabei zu berücksichtigen.
14. Welchen Einflufs übt die gröfsere oder geringere Durchlässigkeit des Bodens auf das Liegenbleiben des Schnees?
15. Nach welcher Zeit nimmt der Schnee körnige Beschaffenheit an? Unter welchen Verhältnissen geht er in Eis über. Man unterscheide körniges, blasiges und klares Eis.
16. Bemerkt man Risse und Spalten in den Schneefeldern?

17. Beobachtet man Bewegung in den Schneefeldern oder läfst sich auf jene aus Spuren an Gegenständen Ihrer Umgebung schliefsen?
18. Kommen gröfsere Rutschungen des Schnees (Lawinen) in Ihrer Gegend vor? Lassen sich die Ursachen derselben erkennen? Was kann von den Wirkungen derselben auf Boden und Vegetation (Wald) gesagt werden?
19. Welche auffallenderen Formen beobachtet man an der Oberfläche des Schnees als Folge von Wind, Schmelzung oder anderen Ursachen?
20. Treten deutliche Schichtungen im Schnee hervor?
21. Wie grofs ist der Einflufs, den Schneeschmelzen, auch winterliche, auf den Wasserstand der Flüsse und Seen Ihres Gebietes ausüben? In welcher Zeit nach dem Eintritt der Schmelzung macht sich derselbe geltend?
22. An welchen Wasserläufen bemerkt man zuerst die Wirkung der Schneeschmelze? Verhalten sich die verschiedenen Abhänge eines Gebirges in dieser Beziehung verschieden?

Wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist, sollte man möglichst häufig und regelmäfsig Beobachtungen an einem auf der Oberfläche des Schnees liegenden Thermometer (ein Alkohol-Minimum-Thermometer ist hierzu am geeignetsten), welches durch eine leichte Schutzvorrichtung vor Zerbrechen, nicht aber vor Strahlung, um deren Bestimmung es sich hierbei handelt, geschützt ist, anstellen. Keine Gelegenheit, die Temperatur des Schnees sowie die Temperatur des Erdbodens gerade unter der Schneedecke zu messen, sollte versäumt werden, wobei denn auch stets die Dicke der Schneeschicht zu ermitteln und anzugeben ist. (Siehe auch Seite 620 d. Bandes.) Indem auf diese Punkte besonders aufmerksam gemacht wird, sei auf die Bedeutung hingewiesen, welche der Schneebedeckung für die Erklärung klimatischer Erscheinungen innewohnt (Wojeikof).

4. Die Bestimmung der Temperatur von Quellen,

wie sie Seite 609 d. Bandes als wichtig bezeichnet wird, sowie auch der Oberflächen von Flüssen, Seen usw. sollte von Reisenden, wenn immer möglich, ausgeführt werden. Zur Bestimmung der Temperatur an der Oberfläche des Wassers (eines Baches, Flusses oder Sees) kann man sich, wenn man nicht mehr als 30 oder 40 cm herabgeht, mit Vorteil des Pinselthermometers von Janssen („thermomètre plongeur à

pinceau") bedienen (siehe Seite 569 d. Bandes). Der Gebrauch des Instrumentes ist sehr einfach; man hat nur zu beachten, dafs man, so bald das Thermometer aus derjenigen Schicht, deren Temperatur man beobachten will, herauskommt, die Temperatur rasch abliest. Auch kann man mit Vorteil ein kleines, mit einem Wassergefäfs, welches sich jedesmal in der Schicht, deren Temperatur zu messen ist, füllt, versehenes Thermometer verwenden.

Vermag man während einer längeren Zeit die Oberflächentemperatur eines Baches, eines Flusses oder eines Sees, und zwar zu Zeiten der Terminbeobachtungen (siehe Seite 603 d. Bandes) zu beobachten, so kann man ein Quellen- oder Wasserthermometer an einem festen Gestelle so eintauchen, dafs das Gefäfs desselben 1 oder 2 cm unter der Oberfläche des Wassers sich befindet. Beobachtungen dieser Art bilden wichtige Elemente der Klimatologie. Zur Bestimmung der Temperatur heifser Quellen (Seite 287 d. Bandes) bediene man sich eines Quecksilber-Maximum-Thermometers nach Walferdin (thermomètre à bulle d'air) oder nach Negretti und Zambra (siehe Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, neu bearbeitet von Dr. J. Hann, Seite 610 und 611, auch Seite 637 ff. d. Bandes).

Es ist sehr verdienstlich, über die Stärke der Tau- und Reifbildung Aufzeichnungen zu machen; es gebricht allerdings noch immer an einem Instrument, welches die Abwägung oder Messung des Taues auf leichte Weise gestattet; allein der Reisende kann durch Aufsammeln des während einer Nacht gebildeten Taues, wozu er ein Wachstuch benutzen kann, und durch Angabe aller begleitenden Umstände wertvolles Material zur Beleuchtung der mit der Taubildung im Zusammenhang stehenden Fragen liefern. Nimmt man stets ein und dasselbe Wachstuch (gleiche Gröfse, gleiche Spannung und gleiche Farbe), so erhält man durch Abmessen des gesamten Wassers Relativzahlen, die in Ermangelung genauer Wägungen immerhin von Wert sind. Von besonderem Interesse sind Beobachtungen dieser Art in Steppen- und Wüstenlanden der tropischen und subtropischen Zone. Durch Reifbildung werden Schneeflächen und Gletscher in erheblicher Weise, die z. B. praktisch die Schlittenfahrt in den Polarregionen beeinflufst, bereichert und verändert.

Nachtrag zum Kapitel:

Drachenaufstiege zu meteorologischen Zwecken.

Von W. Köppen.

Seit das Obige niedergeschrieben wurde, ist der Nachweis geliefert worden, dafs auch die Untersuchung der höchsten Schichten der Atmosphäre durch Entsendung kleiner unbemannter Ballons mit Erfolg auf Forschungsreisen, wenigstens auf solchen zu Schiff, betrieben werden kann. Auf der Yacht des Fürsten von Monaco, „Princesse Alice", hat Prof. Hergesell zuerst im April 1905 im Mittelmeer und dann im August 1905 auf dem Atlantischen Ozean Registrierapparate bis zur Höhe von über 13000 m emporgesandt und sie in fast allen Fällen durch Verfolgung des Ballons mit dem Dampfer glücklich wieder geborgen. Aufserdem haben sowohl Prof. Hergesell als die Expedition der Herren Rotsch und Teisserenc de Bort mit noch kleineren Ballons, die ohne Registrierapparat aufgelassen und nicht wieder aufgesucht werden (sogen. Pilot-Ballons), Beobachtungen über die Richtung der Luftströmungen in verschiedenen Höhen gemacht.

Für beiderlei Zwecke werden am besten die von Afsmann eingeführten geschlossenen Gummiballons verwendet, die sich beim Steigen ausdehnen, bis sie platzen. Tragen sie einen Registrierapparat, so mufs dessen Fall durch einen Fallschirm oder einen zweiten Ballon gemildert werden. Die Ballons werden von der „Continentalen Kautschuk und Guttapercha-Compagnie" bezogen; gibt man den gröfseren, zum Tragen eines Apparats bestimmten den Durchmesser 150 cm, den kleinen einen solchen von nur 50 cm, so kosten gegenwärtig erstere 60 Mk., letztere 8 Mk. das Stück. Leider ist seit einigen Jahren der Preis des Kautschuks stark gestiegen, während gleichzeitig die Güte abgenommen hat; wenigstens scheint man es dem zuschreiben zu müssen, dafs die Ballons neuerdings häufig, statt zu platzen, das Gas durch feinste Löcher entweichen lassen und so der Ballon zwar auf 12 bis 20 km hochsteigt, aber schliefslich doch in das Schwimmen kommt, das vermieden werden sollte, weil dabei der Termograph viel zu hohe Angaben liefert und der Ballon zu weit vertrieben wird.

Als Füllung dient Wasserstoff, der in Stahlflaschen (Bomben) mitgenommen werden mufs. Die Ballons werden schon beim Füllen mehr oder weniger über ihren normalen Durchmesser hinaus ausgedehnt, die gröfseren auf ca. 5 cbm; je mehr dies geschieht, desto rascher steigen und desto früher platzen sie.

Aufstiege mit Registrierapparat haben nur Zweck, wenn man erwarten kann, diesen wieder zu erhalten, also in Kulturländern und auf dem Meere in dem Falle, wenn man mit dem Schiff den Ballons folgen kann. Es werden zu Aufstiegen auf See zwei Ballons mit 3—5 cbm Wasserstoff gefüllt, ca. 50 m unter ihnen der Apparat und noch 50 m tiefer ein Schwimmer angebunden; nach dem Fall bleibt dann das Instrument 50 m und ein Ballon 100 m über dem Wasser schweben, der weit sichtbar ist. Das Schiff dampft dem sich entfernenden Ballon nach, dessen Höhe und Azimut mit Sextant, Kompafs und Uhr genau aufgenommen wird; kommt er während des Falls aus Sicht, so findet man den Ort seines Niedergangs unter Berücksichtigung seiner Bewegung während des Aufstiegs. Aus den genommenen Winkeln und den gleichzeitigen Höhenangaben des Barogramms berechnet man die Richtung und Geschwindigkeit der Luftströmungen in allen Höhen.

Aufstiege der kleinen „Pilot"-Ballons ohne Apparat können diese letzteren Angaben ebenfalls wenigstens in ziemlicher Annäherung liefern. Die zur Ortsberechnung des Ballons notwendige Höhe wird dann, auch wenn man nicht Winkelmessungen von zwei passenden Punkten erlangen kann, hinreichend angenähert festgestellt durch die Zeit, die seit dem Beginn des Aufstiegs verflossen ist. Nach den Ermittlungen von Prof. Hergesell ist die Steigungsgeschwindigkeit von geschlossenen Gummiballons, die im unausgedehnten Zustande 50 cm Durchmesser hatten und bei der Füllung einen Auftrieb von 150—200 g erhielten, nach der Formel $v = \sqrt{0{,}08\,A}$ in m/sec zu berechnen, wenn A der Auftrieb in g ist. Solche Aufstiege können auch von Schiffen aus gemacht werden, die einen festen Kurs verfolgen. Scharfe Augen und gute Handhabung des Sextanten, des Peilkompasses und der Uhr, nebst genauer Berücksichtigung des gleichzeitigen Schiffsweges genügen. Die 50 cm-Ballons werden mit ca. $^1/_5$ cbm Wasserstoff gefüllt. Sie sind bis etwa 3000 m Höhe sichtbar, wenn die Luft klar und die Luftströmung nicht zu stark ist.

Bedeutend genauere Messungen erhält man natürlich, wenn man gleich gute Beobachtungen nicht von einem, sondern von zwei Punkten aus anstellt, wie dieses neuerdings von den Herren Clayton und Maurice auch über dem Meere, aber von einer Insel aus, geschehen ist. Die Methode ist indessen bedeutend umständlicher und gestattet weniger leicht, sich von lokalen Luftströmungen zu befreien, als die Auflassung der Ballons vom Schiff aus.

Längen-(Zeit-)Unterschiede einiger wichtigen Orte gegen Greenwich.

Name der Orte	Unterschied in		Charakter ob östlich oder westlich + —
	Bogen	Zeit	
	° ′ ″	h m s	
Berlin	13 23 44	0 53 34.9	östlich (+)
Wien.	16 20 22	1 5 21.5	östlich (+)
Paris.	2 20 13.4	0 9 20.9	östlich (+)
St. Petersburg (Pulkowa)	30 19 40	2 1 18.7	östlich (+)
Washington . . .	77 3 1	5 8 12.1	westlich (—)
Hamburg.	9 58 26	0 39 53.7	östlich (+)
Pola	13 50 48	0 55 23.2	östlich (+)
Wilhelmshaven . .	8 8 48	0 32 35.3	östlich (+)
San Fernando . .	6 12 19	0 24 49.3	westlich (—)
Ferro	17 39 46.7	1 10 39.0	westlich (—)

Wechsel des Datums: Beim Überschreiten des 180. Längengrades vom ersten Meridian (Greenwich) hat man, nach Osten reisend (von Westen kommend), denselben Tag zweimal zu schreiben; von Osten kommend (nach Westen reisend), einen Tag zu überschlagen (Seite 1—3 d. Bandes).

Mitteleuropäische Zeit ist die mittlere Ortszeit desjenigen Meridians, dessen (östlicher) Längenunterschied gegen Greenwich 1 Stunde, osteuropäische Zeit die mittlere Ortszeit des um 2 Stunden (= 30 Grad) östlich von Greenwich gelegenen Meridians, während die westeuropäische Zeit mit der mittleren Ortszeit von Greenwich selbst übereinstimmt.

Nachtrag und Ergänzung zur Abhandlung Vogel, „Aufnahme des Reiseweges und des Geländes“.

Zu Seite 100: In Petermanns Mitteilungen 1903, Seite 188—190, Heft VIII, ist Fergusons Pedograph eingehend beschrieben mit Figuren und Plan zu einer Wegaufnahme.

Zu Seite 106: Bekanntlich liegt der Siedepunkt des Wassers um so tiefer, je geringer der darauf lastende Luftdruck ist. Die hier folgende Tabelle sowohl wie die Tabelle IV im Anhang gibt die den Siedepunkten entsprechenden, auf 45° Breite und Meeresspiegel reduzierten Barometerstände.

Zu Seite 149, Zeile 16 von oben ist einzuschalten: „Für die Tropen sind Koffer aus Eisenblech zu empfehlen, welche durch eingelegte Gummistreifen wasserdicht gemacht und mit dicken Filzeinlagen gegen die Hitze versehen sind (Fabrik von F. F. A. Schultze in Berlin N.).“

Zu Seite 157—163: Tafel V ist zu erweitern, wie weiter unten (bei den Tafeln unter Tafel VI) angegeben ist.

Zu Seite 107, Zeile 18 von unten heifst es: „die oben angegebene Tabelle und die Tabelle im Anhang No. IV dient“ statt „die oben angegebene Tabelle“.

Einige Reduktionswerte, die häufiger vorkommen.

Die deutsche Seemeile (Bogenminute des mittleren Erdumfanges, mittlere Bogenminute des Erdmeridians) = 1852 m = 1.852 km = 6076 engl. Fufs.

Die englische Seemeile = Geographical Mile (Bogenminute des Äquators) = 1855.110 m = 1.855110 km.

Die Statute Mile = 1609.3149 m.

Die russische Werst = 1066.78 m.

Die deutsche geographische Meile = 7420.44 m = 7.42044 km.

Die Kabellänge = 185.2 m.

Der Faden (Fathom) = 2 Yards = 6 engl. Fufs = 1.8288 m.

1 m = 0.5468 Faden.

Zur Reduktion der Werte der magnetischen Intensität dienen die folgenden Konstanten:

Gaufs' Einheit (G. E.) × 0.1 { Elektrische Einheiten, Zentimeter-, Gramm- und Sekunden-Einheit (C. G. S.).

Englische Einheit (E. E.) $= \frac{\text{G. E.}}{0.46108}$;

log E. E. = log G. E. — 9.663 776. Siehe auch S. 390 d. Bd.

log G. E. = log E. E. + 9.663 776.

log C. G. S. = log E. E. + 8,663 776.

Alte willkürliche Einheit (W. E.), wonach Londoner Intensität = 1.372,

log (1000 × W. E.) + log 0.0 034 941 = log G. E.

3.1 373 541 + 7.543 335 = log Intensität in London (G. E.).

Ergänzung
zu Bd. I, Seite 387—497, „Magnetische Beobachtungen".

Literaturnachweis.

In dem Beitrage von Bidlingmaier wird auf Seite 465 das Deviationsmagnetometer, von Bamberg konstruiert, erwähnt und in der Folge dasselbe als besonders geeignet für magnetische Beobachtungen an Bord hervorgehoben. Dazu mag bemerkt werden, dafs dieses Instrument schon 1872 nach den Angaben von Dr. Neumayer, der zuerst die Bewegung der Nadeln auf Spitzen und die Umlegbarkeit der Nadel unter Anwendung verschiebbarer Doppelhütchen für Instrumente an Land oder Bord empfohlen hat, konstruiert und von dem verstorbenen K. Bamberg ausgeführt worden ist. In dieser Hinsicht mag auf folgende Werke verwiesen werden: Handbuch der nautischen Instrumente, hydrographisches Amt der kaiserlichen Admiralität, I. Auflage, Berlin 1882, Seite 226 und folgende und: Der Kompafs an Bord, ein Handbuch für Führer von eisernen Schiffen, herausgegeben von der Direktion der Deutschen Seewarte, Hamburg 1889, Seite 39 ff.

Weiter unten folgt der Literaturnachweis für die magnetischen Beobachtungen an Land und an Bord, Bd. I, von Seite 387—497.

Bemerkungen zu Seite 468: Es ist hier auf den Kompafs von Stamkart und die Methode von Heidweiler hinzuweisen.

Verzeichnis einiger vollständiger magnetischer Observatorien.

Ort	Breite	Länge	Ort	Breite	Länge
	° ′	° ′		° ′	° ′
Pawlowsk . . .	59 41 N	30 29 O	Pola	44 52 N	13 51 O
Kopenhagen . .	55 41 N	12 34 O	Perpignan . .	42 42 N	2 53 O
Stonyhurst . .	53 51 N	2 28 W	Rom	41 54 N	12 27 O
Wilhelmshaven	53 32 N	8 9 O	Madrid . . .	40 25 N	3 40 W
Potsdam	52 23 N	13 4 O	Washington .	38 55 N	77 4 W
Utrecht (Bilt) .	52 5 N	5 11 O	Lissabon . . .	38 43 N	9 9 W
Kew	51 28 N	0 19 W	Zi-ka-wei . .	31 12 N	121 26 O
Greenwich . . .	51 28 N	0 0	Hong Kong .	22 18 N	114 10 O
Uccle (Brüssel).	50 48 N	4 21 O	Manila	14 35 N	120 58 O
Parc St. Maur (Paris)	48 49 N	2 29 O	Batavia . . .	6 11 S	106 49 O
Wien	48 15 N	16 21 O	Mauritius . .	20 6 S	57 33 O
O'Gyalla (Pesth)	47 53 N	18 12 O	Melbourne . .	37 50 S	144 58 O

Der neue magnetische Theodolit von Tesdorpf.

Das Bestreben in dieser Anleitung das auf den betreffenden Gebieten erprobte Neuste zu geben, gibt die Veranlassung, zu den in der Abhandlung über „magnetische Beobachtungen an Land“ angeführten und beschriebenen Instrumenten auch noch den magnetischen Theodolit, wie er auf der deutschen Südpolarexpedition im Gebrauche sich befand, zu erwähnen und hier eine Abbildung beizufügen.

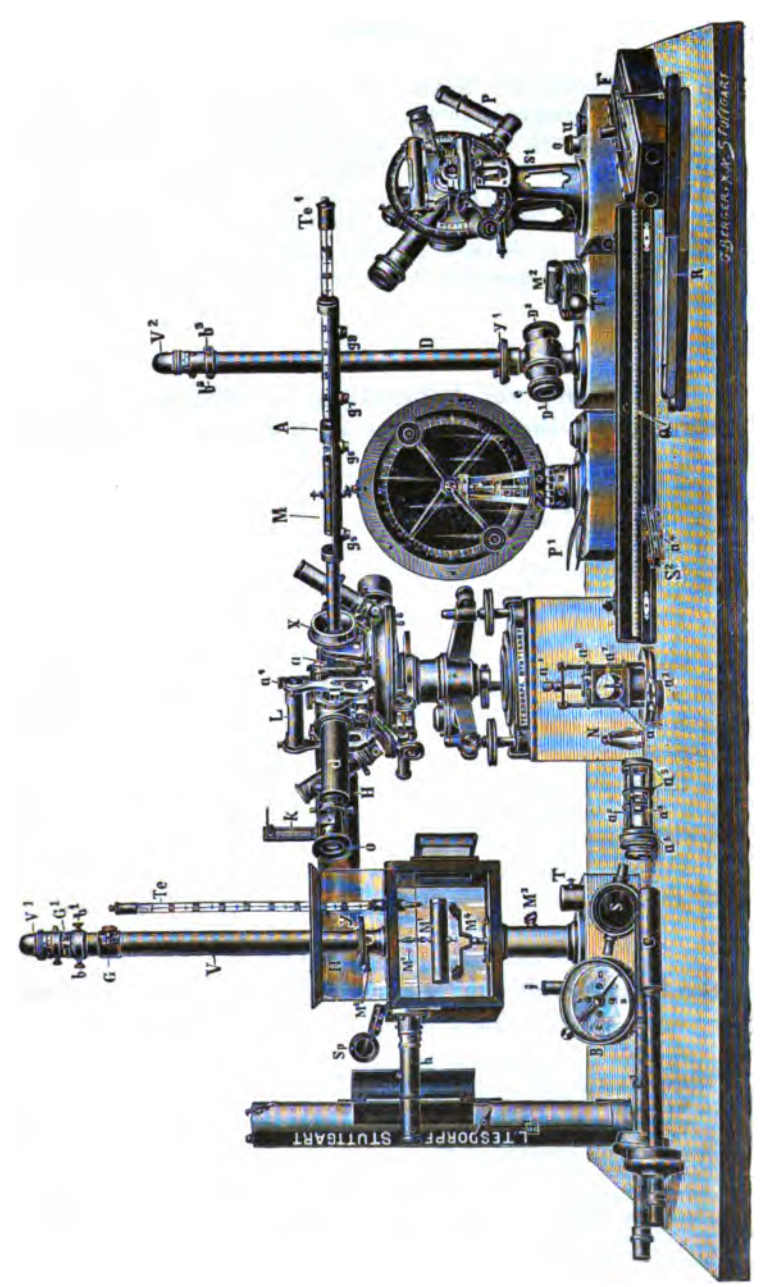
Der magnetische Theodolit, nach Eschenhagens Angabe von L. Tesdorpf in Stuttgart ausgeführt, hat sich dem Vernehmen nach durchaus bewährt, so dafs auch dieses Instrument dem Reisenden für die Folge zur Verwendung empfohlen sein soll.

Die hier beifolgende Abbildung stellt das Instrument in allen Einzelheiten dar und bedarf wohl zum vollen Verständnisse einer näheren Beschreibung nicht, da dasselbe in allen wesentlichen Teilen mit dem früher beschriebenen Bambergschen Instrumente grofse Ähnlichkeit hat. Da bei demselben neben der Spitzenaufhängung auch die Fadenaufhängung für Deklinationsbestimmung und Ablenkungen vorgesehen ist, so stellt dasselbe im gewissen Sinne ein vollkommeneres Instrument dar und lehnt sich so mehr an die von Lamont früher konstruierten an. Nicht als ob die Spitzenaufhängung dadurch als minder zuverlässig bezeichnet werden soll, vermag man mittels derselben vielmehr in Observatorien eine Kontrolle zu üben.

Ebensowenig wie eine eingehende Beschreibung des Instrumentes zu geben ist, bedarf es einer Erläuterung der Methoden der Beobachtung und der Berechnung der Resultate zu einem vollen Verständnis: Es weichen diese in keinem wesentlichen Punkte von dem in der angezogenen Abhandlung Gegebenen ab. Das Instrument ist nun nach dem Tode von L. Tesdorpf durch die Firma: „Vereinigte Werkstätten für wissenschaftliche Instrumente von F. Sartorius, A. Becker und Ludwig Tesdorpf in Göttingen“ zu beziehen.

Zusatz zu v. Neumayers Abhandlung über „Erdmagnetische Beobachtungen an Land“.

Zur Erläuterung der Korrektion, die für die Abweichung der Stäbe von der senkrechten Lage anzubringen ist, diene noch folgender Passus, der auf Seite 428 einzufügen ist:



„Die Neigung des Ringes wird, wie schon angedeutet, durch ein Mikrometerniveau gemessen, indem man bestimmt, bei welchem Teilstrich des Mikrometers die Blase des Niveaus auf 0 einspielt, wobei das Mikrometer einmal rechts und einmal links liegt. Diese Bestimmung wird für Ablenkung der Nadel nach Ost und West in zwei Lagen des Niveaus vorgenommen: 1. Niveau parallel mit der Verbindungslinie der Stäbe (Ostneigung ω), 2. Niveau senkrecht auf diese Linie (Südneigung σ)."

Berichtigung zur Abhandlung Fr. Bidlingmaier: „Magnetische Beobachtungen an Bord", S. 458, Bd. I.

Auf Seite 474 ist die Formel III:

$$\frac{Z'}{Z} = g \text{ u. cotg } i \cos(\zeta' + \delta) \text{ usw.}$$

umzuändern in:

$$\frac{Z'}{Z} = g \text{ cotg } i \cos(\zeta' + \delta) \text{ usw.}$$

Ferner Seite 482: In der 2. Formel für die Restglieder ist der Ausdruck $\lambda \cdot R_H$ soweit nach links zu setzen, daſs die drei Buchstaben R_δ, R_H, R_Z senkrecht untereinander zu stehen kommen.

Ferner: Auf Seite 489: Auf allen Landstationen unter Nr. 2 ist Vergleichung der Inklinationsinstrumente zu setzen für Vergleichung der Inklination.

Ferner: Auf Seite 491, 1. Zeile von unten: Statt ζ_α muſs es heiſsen ζ'_a.

Literaturnachweis für magnetische Beobachtungen an Bord und an Land.

Airy, G. B., A treatise on Magnetism. London, Macmillan & Co. 1870; deutsch von Fr. Tietjen. Berlin, Oppenheim 1874.

Lamont, J., Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin, Veit & Co. 1849.

Kreil, C., Magnetische und geographische Ortsbestimmungen im südöstlichen Europa. Wien 1862.

Lamont, Dr., Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate. München 1851.

Neumayer, Dr. G. von, Eine erdmagnetische Vermessung der bayerischen Pfalz, 1855/56, Bad Dürkheim 1905.

Fritsche, H., Geographische, magnetische und hypsometrische Bestimmungen an 22 in der Mongolei und dem nördlichen China gelegenen Orten, ausgeführt in den Jahren 1868 und 1869.
— Bestimmungen an 27 im nordöstlichen China gelegenen Orten, ausgeführt in den Monaten Juli, August, September und Oktober 1871. Petersburg 1873.
Liznar, Anleitung zur Messung und Berechnung der Elemente des Erdmagnetismus. Wien bei Gerold, 1883.
Creak, E. W., On the Changes Which Take Place in the Deviations of the Standard Compass in the Iron Armour-Plated, Iron, and Composite-Built Ships of the Royal Navy on a considerable Change of Magnetic Latitude. 1883.
— On Local Magnetic Disturbance in Islands situated far from a Continent.
— Terrestrial Magnetism in its Relation to Geography 1904.
Sabine, E., Manual of Terrestrial Magnetism (Extracted from the Admiralty Manual of Scientific Enquiry, Third Edition 1859), Revised by G. F. Fritzgerold, Creak and Whipple for the Fifth. Edition 1886. Neubearbeitet für „Antarctic Manual etc.".
Börgen, Die magnetischen Beobachtungen S. M. S. „Gazelle" in „Die Forschungsreise S. M. S. ‚Gazelle' 1874—76"; II. Teil.
Deutsche Seewarte, Der Kompaſs an Bord. Hamburg 1889.
Koldewey, Über die Veränderungen des Magnetismus in eisernen Schiffen usw. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Jahrgang II. Nr. 4.
Rijckevorsel, Dr. van, Comparison of the Instruments for absolute Magnetic Measurements at Different Observatories. Amsterdam 1898.
Mascart et Moureaux, Conférences sur le Magnetisme Terrestre et l'Electricité Atmosphérique. Paris 1882.
Bauer, S. A., Results of Magnetic Observations Made by the Coast and Geodetic Survey 1902 and 1903. 1904.
Eschenhagen, Dr. Max, „Erdmagnetismus" in Kirchhoffs „Anleitung zur deutschen Land- und Volksforschung".
Haussmann, Die erdmagnetischen Elemente in Württemberg und Hohenzollern. Stuttgart 1903.

Nachtrag zur Abhandlung J. Plassmann: „Himmelsbeobachtungen mit freiem Auge und mit einfachen Instrumenten", S. 659, Bd. I.

Von den Erscheinungsreihen, die mit der elfjährigen Periode der Sonnenflecken zusammenhängen, ist (Seite 687—688) angedeutet worden, daſs sie im ganzen der Beobachtung mit freiem Auge oder mit einfachen Instrumenten entzogen seien. Neuestens wird jedoch von einem Phänomen berichtet, das gerade solcher Beobachtung zugänglich ist und dabei zu der Sonnentätigkeit in sehr enger Beziehung zu stehen scheint. Der Mathematiker Herr *H. Osthoff* in Köln, die be-

kannte Autorität für Beobachtung farbiger Sterne, hat während einiger Jahrzehnte die Form der Cirruswolken aufgezeichnet. Folgendes ist das Hauptergebnis seiner Arbeiten: Jede Cirruswolke hat ihre Lebensgeschichte; sie beginnt mit einer zierlichen, strukturreichen Form und wird mit zunehmendem Alter matter und verschwommener. Zur Zeit intensiver Sonnentätigkeit ist die Anfangsform äufserst zierlich und reich gegliedert; zur Zeit der Minima sieht dagegen schon der junge Cirrus alt aus. Wenn die Zeit der Sonnenruhe einmal durch einen aufsergewöhnlich grofsen Fleck unterbrochen wird, treten auch wohl die „Sonnenformen" des Cirrus auf, aber nicht so schön wie im Maximum.

Die Beobachtungsreihe ist in Köln a. Rh. entstanden. Es ist unbedingt nötig, dafs die Sache weiter verfolgt werde, namentlich auch in anderen Kreisen sowie unter besseren klimatischen Bedingungen, und zwar visuell wie photographisch. Da jedoch hier im Nachtrage nicht wohl noch eine Anleitung gegeben werden kann, mögen sich die Benutzer unseres Werkes, welche sich für Wolkenbeobachtungen überhaupt und besonders im kosmophysikalischen Sinne interessieren, die eingehende Abhandlung des Herrn *Osthoff*[1] zu verschaffen suchen oder noch besser sich mit ihm selbst in Verbindung setzen. Übrigens steht zu hoffen, dafs die „Mitteilungen des *V. A. P.*" demnächst eine ausführliche Anleitung aus seiner Feder bringen werden.

Zur Fufsnote Seite 682 ist noch zu setzen: „Über das Zodiakallicht, besonders dessen Gegenschein (Seite 706), sowie über die Gegendämmerung (Seite 682) sind während des Druckes dieser Abhandlung Aufsätze von W. Förster in den „Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik" (V. A. P.), Heft 2, Seite 20—24, 1906 erschienen, die die Frage in neuer Beleuchtung zeigen.

Wissenschaftliche Erhebungen über das Klima der Vorzeit.

Zu den Hypothesen über die Ursachen der bedeutenden Klimaschwankungen der Vorzeit ist vor kurzem eine neue getreten. Dieselbe nimmt auf Grund zahlreicher Beweismomente eine zeitweilige langsame Verschiebung der ganzen Erdrinde über dem Kerne an. Dadurch kämen immer andere Teile der Erdober-

[1]) Meteorologische Zeitschrift, August—Oktober 1905.

fläche unter den Äquator und zu den Polen, es würden also Klimaschwankungen eintreten, ohne daſs die Wärme selbst, weder in ihrem absoluten Betrag, noch in ihrer Beziehung zu den Breitekreisen sich zu ändern brauchte. Als das wichtigste Kennzeichen für die jeweilige Stellung der Erdrinde gegen die Erdachse wurden die Gebirgsreihen erkannt, welche sich in gewissen Perioden über groſse Teile der Erde in zwei zueinander senkrechten Richtungen ausgebildet haben, von denen eine diejenige des Äquators war. Die betreffenden Erhebungszeiten der Gebirge sind nun immer durch lange Zeiträume verhältnismäſsiger Ruhe getrennt, weshalb nur einzelne Phasen des Verlaufes der Äquatorverschiebung bekannt werden. Da es leichter ist, sowohl auf graphischem Wege wie in der Beschreibung, den Gang der Verschiebung eines Poles zu verfolgen als jenen des Äquators, so möge hier die Bahn des Südpoles, für das Quartär auch jene des Nordpoles kurz gekennzeichnet werden.

Am Schlusse des Präkambriums finden wir den Südpol in der Nordwestecke des Indischen Ozeans, etwa am Ausgange des Golfes von Aden, am Ende des Silurs etwas östlich von der Nordspitze Madagaskars, im oberen Karbon östlich vom Kapland, in der oberen Kreide im Süden des Kaplandes zwischen dem 50. und 60. Breitengrade. Der Nordpol bewegte sich in dieser ganzen Zeit vom Präkambrium bis zum Tertiär innerhalb des Stillen Ozeans und gelangte erst nach Beginn der Erhebung der neuesten Gebirgszonen (im Süden und Osten von Eurasien und im Westen Amerikas) beim Beringsmeere in die unmittelbare Nähe der Kontinente. Wie sich die Pole in der Zeit zwischen den genannten gebirgsbildenden Perioden verhalten haben, müssen wir durch anderweitige Kennzeichen zu erfahren suchen, und zwar eignen sich hierzu am besten die klimatischen Verhältnisse. Letztere haben nun zwar bis jetzt nur für die Zeit unmittelbar nach dem Karbon, dann für Jura und Kreidezeit sichere Resultate geliefert, es liegt aber doch auch für das Tertiär und Quartär schon so viel Material vor, daſs wenigstens der allgemeine Gang der Ereignisse daraus bestimmt werden kann. Als Hauptergebnis kann die Tatsache angeführt werden, daſs unmittelbar nach einer der groſsen Gebirgserhebungen die Verschiebung der Erdrinde am lebhaftesten war und einen auſserordentlichen Umfang angenommen hat, daſs sie aber schlieſslich fast ganz aufhörte, bis die folgende Gebirgsbildung einsetzte. Es braucht zum Belege nur auf die permokarbone Eiszeit aller Kontinente an den Grenzen des Indischen Ozeans oder an die ihr in jeder Be-

ziehung gleichzustellende jüngste Eiszeit hingewiesen zu werden. Letztere ging sukzessiv und in verhältnismäfsig kurzer Zeit über die ganze Breite des nördlichen Nordamerika, über den Atlantischen Ozean und über alle nördlichen europäischen Länder hinweg. Die Bahn des Nordpoles während dieser Eiszeit (im Tertiär und Diluvium) scheint am besten durch eine Linie dargestellt zu werden, welche vom Beeringsmeer aus in einer Entfernung von etwa 25 Grad dem Rande der Vereisung in der Neuen und Alten Welt parallel läuft. Die entsprechende Bahn des Südpoles läuft ungefähr um Wilkes- und Viktorialand. Nach den Zeiten dieser beschleunigten Wanderungen finden wir die Pole sowohl im gröfsten Teil der sekundären Periode als auch im Alluvium ohne wesentliche Bewegung.

Die Hypothese der Rindenverschiebung befindet sich mit den geophysikalischen Kräften und vielen geologischen Beobachtungen in so guter Übereinstimmung, sie überwindet auch diejenigen Schwierigkeiten, welche sich früher der einheitlichen Erklärung am meisten entgegenstellten, in so ungezwungener Weise, dafs sich eine Ausdehnung der Prüfung auf die geologischen Verhältnisse bisher wenig bekannter Gebiete besonders empfiehlt.

Als das aussichtsvollste Objekt zur weiteren Prüfung der Hypothese mufs der Verlauf der jüngsten Eiszeit betrachtet werden. Wie schon erwähnt wurde sprechen viele Beobachtungen jetzt schon dafür, dafs die Vereisung vom Westen Nordamerikas ausgegangen, gegen Osten vorgedrungen, die Alte Welt in Schottland erreicht und zuletzt in Finnland sich aus Europa zurückgezogen habe. Die tertiären Ablagerungen im Zentrum und im Westen von Britisch-Nordamerika bieten der Forschung ein aufserordentlich wichtiges und weites Feld, das bis jetzt fast brach gelegen hat. Zum Teil rührt diese Vernachlässigung daher, dafs die tertiären Ablagerungen dort selten und schwer zu erkennen sind, wie es allerdings ganz natürlich erscheint, wenn nicht das Diluvium, sondern ein Teil des Tertiärs die Zeit der Vereisung bildete. Zerstört können diese Ablagerungen nicht sein, denn in den ehemals fast ebenso stark vom Binneneis bedeckten Ebenen Nordeuropas sind die jungtertiären Sedimente sehr zahlreich und leicht zu erkennen. Von ähnlicher Bedeutung wäre das Studium der diluvialen Fauna und Flora in den unteren Amurländern, in Jesso, Sachalin, Kamtschatka und auf den Kurilen. In allen diesen Gebieten sind für einen grofsen Teil des Diluviums Zeichen eines milderen Klimas zu erwarten, wie sie aus dem noch höheren asiatischen Norden schon bekannt sind. In

Alaska und Britisch-Kolumbien dürfte schon für die oberste Kreide das Herannahen eines rauheren Klimas nachweisbar sein.

Auf der südlichen Halbkugel wären es vorzugsweise drei Gebiete, welche wichtige Aufschlüsse über den jüngsten Teil der Polbahn geben könnten, nämlich Viktorialand, Grahamsland und Feuerland. Ersteres mufs im Tertiär, letztere beiden im Diluvium ein milderes Klima besessen haben als das gegenwärtige. Die Klarstellung der klimatischen Verhältnisse in diesen drei Ländern müfste von mafsgebendem Einflufs auf die Beurteilung des ganzen Eiszeitproblems werden.

Verfolgt man die Polbahn früherer geologischer Perioden, so findet man, dafs die Prüfung der permischen klimatischen Verhältnisse von Zentralamerika und Mexiko am meisten Erfolg verspricht, denn diese Länder liegen dem Zentrum des permokarbonischen Vereisungsgebietes im Indischen Ozean diametral gegenüber. Dazu kommt, dafs sich in Mexiko so ausgedehnte Reste alten Festlandes finden, dafs es nicht allzuschwer sein dürfte, dort Anhaltspunkte zur Beurteilung des permischen Klimas zu gewinnen. Manche Anzeichen machen sogar gute Hoffnung, dafs selbst die silurischen Wärmezonen nachgewiesen werden können, wenn man sie nur nicht mehr im Zusammenhang mit den heutigen Breitekreisen sucht. In Ostafrika und in Arabien müfsten sich die gröfsten Unterschiede der Organismen gegen jene der in so weiter Ausdehnung gefundenen fossilreichen silurischen Ablagerungen zeigen. Letztere liegen nämlich der weitaus gröfsten Menge nach innerhalb eines breiten Bandes, dessen Richtung gerade jene ist, welche man aus den silurischen Gebirgen auch für den damaligen Äquator annehmen mufs.

Von ebensogrofsem Werte als die genaue Kenntnis der klimatischen Verhältnisse wäre eine bessere Einsicht in die Zusammenhänge der ältesten Gebirgsruinen, um sie, wie es für die tertiären und die Kohlengebirge gelungen ist, in fortlaufende Gebirgsbänder vereinigen zu können. Früher herrschte allerdings die Meinung, die älteren gestauten Gebirge seien in einzelnen isolierten Stöcken entstanden; diese Ansicht ist aber nach den Arbeiten von E. Suess und F. v. Richthofen nicht mehr haltbar. Material zu diesbezüglichen Untersuchungen bieten alle Gebirge und zwar um so mehr, je älter sie schon sind. Einzelne von ihnen wären jedoch von besonderem Interesse, so die ostafrikanischen Hochgebirge, deren genaues Alter noch nicht bekannt ist. Ferner wären von grofsem Werte Untersuchungen über die Form der ältesten Gebirge an den Ufern des Roten Meeres, ob diese zu den Hochländern der

Balkanhalbinsel, zum Böhmischen Massiv, zu Skandinavien Beziehungen besitzen, ob unter den genannten die Faltengebirge vorwiegen oder die Schollengebirge. Von der Fortsetzung der skandinavischen Gebirge gegen Sibirien ist noch sehr wenig bekannt. Andere gröfsere Gebirge, deren Altersbestimmung uns Aufschlüsse über das Wesen der Gebirgsbildung geben könnte, liegen im Innern von Asien und von Australien, an der südafrikanischen Westküste und längs der Davisstrafse. Über die Gebirge der südlichen Polarländer liegen noch gar keine Studien vor, und doch beanspruchen dieselben ein vielseitiges Interesse. Es ist nämlich bis jetzt noch nicht gelungen, die einstigen Zusammenhänge der Länder auf der südlichen Halbkugel aufzudecken. Aus zoologischen Gründen vermutet man eine alte Verbindung zwischen Amerika und Australien, auch zwischen Afrika und Australien, und es scheint, als ob die heute vereisten antarktischen Gebiete einstmals einen Teil der Brücke bildeten, worüber der Austausch von Organismen sich vollzog.

Die Hypothese findet endlich auch in der Urgeschichte des Menschen einzelne Anknüpfungspunkte, deren näheres Studium Aussicht auf Erfolg bietet. Das Zentrum der Mammutzeit wird nämlich von den französischen Prähistorikern auf Grund der westeuropäischen Funde in den älteren Abschnitt des Paläolithicums gesetzt, von den österreichischen auf Grund der zentraleuropäischen Löfsfunde in den mittleren und von den russischen wegen ihrer einheimischen Studien in den oberen Abschnitt. Diese sehr auffällige Verschiebung des Gebietes der Mammutverbreitung von Westen nach Osten stimmt vollständig mit der Wanderung des Poles von Amerika gegen Europa und mit der Verschiebung der Eiszeiten von England über Skandinavien nach Finnland.

Zusatz zur Abhandlung K. Börgen, „Anstellung von Beobachtungen über Ebbe und Flut", S. 525, Bd. I.

Zusatz zu Seite 543. Nach Beendigung des Druckes erhielt Verfasser von dem Direktor des königl. dänischen meteorologischen Instituts, Herrn A. Paulsen, einen Aufsatz, betitelt: Communications du service maréographique de l'institut météorologique de Danemark (Separatabzug aus: Oversigt over det kgl. danske Videmkabernes Selstrabs Forhandlinger 1905 No. 6), welcher eine eingehende Beschreibung und Theorie des pneumatischen Flutmessers, wie er auf acht dänischen

Stationen aufgestellt ist, enthält. Es geht daraus hervor, daſs dies Instrument nach Überwindung mancher Schwierigkeiten nunmehr seit einer Reihe von Jahren tadellos funktioniert und jedenfalls alle Beachtung verdient. Auch auf Island ist ein solches in Gebrauch, wo der Tidenhub erheblich gröſser ist als in den dänischen Gewässern (4 m gegen weniger als 1 m).

Hiernach ist die Bemerkung auf S. 543 über den pneumatischen Flutmesser zu berichtigen.

Nachtrag zu den Abhandlungen über „Seebeben 2“, Seite 381, und über „Allgemeine Meeresforschung 6“, Seite 384, Bd. I.

Die durch Seebeben verursachten Wellen im Ozean können unter Umständen die Veranlassung dazu geben, die mittlere Tiefe des Ozeans zu berechnen. Ist die Höhe der Welle im Vergleich zur Tiefe des Wassers, worin sie erzeugt ist, sehr klein, so gilt nach Airy und Bache die Formel $H = \frac{V^2}{g}$, worin V die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Welle fortpflanzt, H die Tiefe des Ozeans und g die Konstante der Gravitation (9,80896 m) ist. Vermag man mittels in zwei Orten aufgestellter Gezeitenmesser das Intervall der Zeit zwischen dem einen Pegel und dem andern, das verflossen ist, zu bestimmen, und hat man die Entfernung zwischen beiden, so vermag man die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Woge zu berechnen, welche in Metern pro Sekunde oder in Seemeilen für die Stunde gegeben wird. Ein Beispiel mag dazu dienen, zu zeigen, wie die mittlere Tiefe aus den verzeichneten Angaben abgeleitet werden kann:

Beim Ausbruch des groſsen Vulkanes Krakatao am 27. August 1883 wurde das Meer in gewaltiger Weise erschüttert und eine Woge erzeugt, die sich auf die weiteste Entfernung hin erkennen lieſs. An allen Gezeitenpegeln des Indischen Ozeans wurde die gewaltige Woge verzeichnet und daraus Berechnungen von der oben angedeuteten Art abgeleitet, unter anderem auch an dem Gezeitenpegel, der zur Zeit der Anwesenheit der deutschen Expedition im Systeme der internationalen Polarforschung 1882/83 auf der Insel Süd-Georgien aufgestellt gewesen war. Das Zeitintervall zwischen der Explosion auf der Krakatao-Insel und dem Moltke-Hafen auf Süd-Georgien, das zwischen der Fortpflanzung der Woge verflossen

war, betrug im Mittel mehrerer Beobachtungen 24 Stunden 31 Minuten und die Entfernung zwischen beiden Punkten 6676 Seemeilen. Wird davon wegen der dazwischen liegenden Untiefen, soweit sie bekannt sind, von der Distanz 57 Seemeilen und von der Zwischenzeit 23 Minuten in Abzug gebracht, so berechnet sich die Geschwindigkeit der Woge zu 270 Seemeilen pro Stunde und daraus nach K. Börgen mit der obigen Formel ein mittlerer Wert von H, d. h. der mittlere Wert der Tiefe des dazwischen liegenden Ozeans, zu 2227 m, welcher Wert in ganz leidlicher Übereinstimmung mit den Lotungen, soweit sie vorliegen, sich befindet. (Siehe darüber Dr. Neumayer: „Die deutschen Expeditionen und ihre Ergebnisse", Band I, Seite 119 unten, und „Die Beobachtungsergebnisse der deutschen Stationen im Systeme der internationalen Polarforschung", Band II, Süd-Georgien zu Seite LVI.)

Tafeln.

Tafeln zur Berechnung der jeweiligen Spannkraft des Wasserdampfes und der relativen Feuchtigkeit.

In der Abhandlung über Meteorologie von Herrn Professor Dr. J. Hann ist schon in genäherter Weise der Berechnung der Spannkraft des Wasserdampfes und der relativen Feuchtigkeit gedacht worden (Seite 610); auch ist dort bereits eine Tafel für den Druck (Die Spannung gesättigten Wasserdampfes

in Millimetern, Seite 639) enthalten. Die dort gegebene Anweisung bezieht sich auf eine kurze Berechnung des Dampfdruckes. Hier möge noch in Kürze einer ausführlicheren Berechnung des Dampfdruckes gedacht werden, zu welchem Zwecke die hier folgenden Psychrometertafeln mit Beispielen zu deren Anweisung eingefügt sein mögen.

Tafeln V_2[1]) und V_1. Diese Tafeln dienen zur Berechnung der Spannkraft des Wasserdampfes in der Atmosphäre; es wird dieses Element mit σ bezeichnet; alles übrige kann aus den Tafeln selbst entnommen werden.

Tafel V_2; mit der psychrometrischen Differenz $(t' - t'')$ und dem Luftdruck wird e_2 der Tafel entnommen.

Tafel V_1; mit der Temperatur des nassen Thermometers (t'') wird aus dieser Tafel e_1 (Druck des gesättigten Wasserdampfes) ausgenommen.

$e_1 - e_2 = \sigma$; Druck des Wasserdampfes entsprechend der Beobachtung in Millimetern.

$\frac{\sigma}{e_1} = F =$ relative Feuchtigkeit, wenn mit 100 multipliziert in Prozenten.

Beispiel: 1) Temperatur der Luft (t') $= 20.5^0$,
Temperatur des feuchten Thermometers $(t'') = 15.6^0$,
Luftdruck (b) $= 748.0$ mm.

$t' - t'' = 4.9^0$: $e_2 = 2.99$ aus Tafel V_2; $e_1 = 13.19$ aus Tafel V_1;
$\sigma = e_1 - e_2 = 10.20$ mm; e_1 für $20.5^0 = 17.94$ mm.

Relative Feuchtigkeit $(F) = \frac{10.20}{17.94} \times 100 = 57.2$ %.

2) Temperatur der Luft (t') $= -5.5^0$,
Temperatur des feuchten Thermometers $(t'') = -6.6^0$,
Luftdruck (b) $= 736.0$ mm.

$t' - t'' = 1.1^0$; $e_2 = 0.56$ aus Tafel V_2; $e_1 = 2.75$ aus Tafel V_1.
$\sigma = e_1 - e_2 = 2.19$; e_1 für $-5.5^0 = 3.00$.

Relative Feuchtigkeit $(F) = \frac{2.19}{3.00} \times 100 = 73$ %.

Diese Tafeln genügen für die Berechnung vorläufiger Werte aus den Psychrometerbeobachtungen; für strengere Durchführung der Berechnung bediene man sich der von Dr. J. Hann im Jahre 1903 herausgegebenen Tafeln in „Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, nebst einer Sammlung von Hilfstafeln“.

---

[1]) Tafel V_1 ist auf S. 639.

Einige Hilfstafeln und Reduktionswerte.

I. Vergleichung der Thermometerskalen von Celsius und Fahrenheit.

C. = Celsius. F. = Fahrenheit.

F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
+ 104	+ 40	+ 75	+ 23.9	+ 46	+ 7.8	+ 17	− 8.3	− 12	− 24.4
103	39.4	74	23.3	45	7.2	16	8.9	13	25.0
102	38.9	73	22.8	44	6.7	15	9.4	14	25.6
101	38.8	72	22.2	43	6.1	14	10.0	15	26.1
100	37.8	71	21.7	42	5.6	13	10.6	16	26.7
99	37.2	70	21.1	41	5.0	12	11.1	17	27.2
98	36.7	69	20.6	40	4.4	11	11.7	18	27.8
97	36.1	68	20.0	39	3.9	10	12.2	19	28.3
96	35.6	67	19.4	38	3.3	9	12.8	20	28.9
95	35.0	66	18.9	37	2.8	8	13.3	21	29.4
94	34.4	65	18.3	36	2.2	7	13,9	22	30.0
93	33.9	64	17.8	35	1.7	6	14.4	23	30.6
92	33.3	63	17.2	34	1.1	5	15.0	24	31.1
91	32.8	62	16.7	33	+ 0.6	4	15.6	25	31.7
90	32.2	61	16.1	32	0.0	3	16.1	26	32.2
89	31.7	60	15.6	31	− 0.6	2	16.7	27	32.8
88	31.1	59	15.0	30	1.1	1	17.2	28	33.3
87	30.6	58	14.4	29	1.7	0	17.8	29	33.9
86	30.0	57	13.9	28	2.2	− 1	18.3	30	34.4
85	29.4	56	13.3	27	2.8	2	18.9	31	35.0
84	28.9	55	12.8	26	3.3	3	19.4	32	35.6
83	28.3	54	12.2	25	3.9	4	20.0	33	36.1
82	27.8	53	11.7	24	4.4	5	20.6	34	36.7
81	27.2	52	11.1	23	5.0	6	21.1	35	37.2
80	26.7	51	10.6	22	5.6	7	21.7	36	37.8
79	26.1	50	10.0	21	6.1	8	22.2	37	38.3
78	25.6	49	9.4	20	6.7	9	22.8	38	38.9
77	25.0	48	8.9	19	7.2	10	23.3	39	39.4
76	24.4	47	8.3	18	7.8	11	23.9	40	40.0

II. Verwandlung von Millimetern in englische Zoll und umgekehrt.

Millimeter (m′)	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll	Millimeter (m′)	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll	Millimeter (m′)	Zehntel-Millimeter 0 Engl. Zoll	Zehntel-Millimeter 5 Engl. Zoll
690	27.166	27.186	721	28.386	28.406	752	29.607	29.627
691	27.205	27.225	722	28.426	28.445	753	29.646	29.666
692	27.245	27.264	723	28.465	28.485	754	29.686	29.705
693	27.284	27.304	724	28.504	28 524	755	29.725	29.745
694	27.323	27.343	725	28.544	28.564	756	29.764	29.784
695	27.363	27.382	726	28.583	28.603	757	29.804	29.823
696	27.402	27.422	727	28.623	28.642	758	29.843	29.863
697	27.441	27.461	728	28.662	28.682	759	29.882	29.902
698	27.481	27.500	729	28.701	28.721	760	29.922	29.941
699	27.520	27.540	730	28.741	28.760	761	29.961	29.981
700	27.560	27.579	731	28.780	28.800	762	30.001	30.020
701	27.599	27.619	732	28.819	28.839	763	30.040	30.060
702	27.638	27.658	733	28.859	28.878	764	30.079	30.099
703	27.678	27.697	734	28.898	28.918	765	30.119	30.138
704	27.717	27.737	735	28.938	28.957	766	30.158	30.178
705	27.756	27.776	736	28.977	28.997	767	30.197	30.217
706	27.796	27.815	737	29.016	29.036	768	30.237	30.256
707	27.835	27.855	738	29.056	29.075	769	30.276	30.296
708	27.875	27.894	739	29.095	29.115	770	30.316	30.335
709	27.914	27.934	740	29.134	29.154	771	30.355	30 375
710	27.953	27 973	741	29.174	29.193	772	30 394	30.414
711	27.993	28.012	742	29.213	29.233	773	30.434	30.453
712	28.032	28.052	743	29.252	29.272	774	30.473	30.493
713	28.071	28.091	744	29.292	29.312	775	30.512	30.532
714	28.111	28.130	745	29.331	29.351	776	30.552	30.571
715	28.150	28.170	746	29.371	29.390	777	30.591	30.611
716	28.189	28.209	747	29.410	29.430	778	30.630	30.650
717	28.229	28.249	748	29.449	29.469	779	30.670	30.690
718	28.268	28.288	749	29.489	29.508	780	30.709	30.729
719	28.308	28.327	750	29.528	29.548	781	30.749	30.768
720	28.347	28.367	751	29.567	29.587	782	30.788	30.808

(0.03937) m′ = Englischer Zoll. log m′ = 8.59517.

III. Verwandlung von englischen Fuſs in Meter.

Engl. Fuſs	Hunderter									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Tausender	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0	0.00	30.48	60.96	91.44	121.92	152.40	182.88	213.36	243.84	274.32
1000	304.79	335.27	365.76	396.23	426.71	457.19	487.67	518.15	548.63	579.11
2000	609.59	640.07	670.55	701.03	731.51	761.99	792.47	822.95	853.43	883.90
3000	914.38	944.86	975.34	1005.82	1036.30	1066.78	1097.26	1127.74	1158.22	1188.70
4000	1219.18	1249.66	1280.14	1310.62	1341.10	1371.58	1402.05	1432.53	1463.01	1493.49
5000	1523.97	1554.45	1584.93	1615.41	1645.89	1676.37	1706.85	1737.33	1767.81	1798.29
6000	1828.77	1859.25	1889.73	1920.21	1950.68	1981.16	2011.64	2042.12	2072.60	2103.08
7000	2133.56	2164.04	2194.52	2225.00	2255.48	2285.96	2316.44	2346.92	2377.40	2407.88
8000	2438.36	2468.84	2499.31	252.979	2560.27	2590.75	2621.23	2651.71	2682.19	2712.67
9000	2743.15	2773.63	2804.11	2834.59	2865.07	2895.55	2926.03	2956 51	2986.99	3017.47

Engl. Fuſs	Einer									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zehner	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0	0.00	0.30	0.61	0.91	1.22	1.52	1.83	2.13	2.44	2.74
10	3.05	3.35	3.66	3.96	4.27	4.57	4.88	5.18	5.49	5.79
20	6.10	6.40	6.71	7.01	7.32	7.62	7.92	8.23	8.53	8.84
30	9.14	9.45	9.75	10.06	10.36	10.67	10.97	11.28	11.58	11.89
40	12.19	12.50	12.80	13.11	13.41	13.72	14.02	14.33	14.63	14.83
50	15.24	15.54	15.85	16.15	16.46	16.76	17.07	17.37	17.68	17.98
60	18.29	18.59	18.90	19.20	19.51	19.81	20.12	20.42	20.73	21.03
70	21.34	21.64	21.95	22.25	22.55	22.86	23.16	23.47	23.77	24.08
80	24.38	24.69	24.99	25.30	25.60	25.91	26.21	26.52	26.82	27.13
90	27.43	27.74	28.04	28.35	28.65	28.96	29.26	29.57	29.87	30.17

1 englischer Fuſs = 0.30 479 449 m (log = 9.4 840 071).
1 m = 3.28 089 917 engl. Fuſs (log = 0.5 159 929).
1 Statute Mile = 5280 englische Fuſs = 1609.315 m.
1 Fathom (Faden) = 2 Yards = 6 Fuſs = 1.8288 m; also 1 m = 0.5468 Faden.

IV. Barometerstände für verschiedene Temperaturen des siedenden Wassers.

(Regnaults Tafel, verbessert von O. J. Broch.)

Siedepunkt °	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Celsius	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
86	450.5	452.2	454.0	455.8	457.5	459.3	461.1	462.9	464.7	466.5
87	468.3	470.1	472.0	473.8	475.6	477.5	479.3	481.2	483.0	484.0
88	486.8	488.6	490.5	492.4	494.3	496.2	498.1	500.0	501.9	503.9
89	505.8	507.7	509.7	511.6	513.6	515.6	517.5	519.5	521.5	523.5
90	525.5	527.5	529.5	531.5	533.5	535.5	537.6	539.6	541.7	543.5
91	545.8	547.8	549.9	552.0	554.1	556.2	558.3	560.4	562.5	564.6
92	566.7	568.8	571.0	573.1	575.3	577.4	579.6	581.8	584.0	586.1
93	588.3	590.5	592.7	595.0	597.2	599.4	601.6	603.9	606.1	608.4
94	610.6	612.9	615.2	617.5	619.8	622.1	624.4	626.7	629.0	631.3
95	633.7	636.0	638.3	640.7	643.1	645.4	647.8	650.2	652.6	655.0
96	657.4	659.8	662.2	664.7	667.1	669.5	672.0	674.5	676.9	679.4
97	681.9	684.4	686.9	689.4	691.9	694.4	696.9	699.5	702.0	704.6
98	707.1	709.7	712.3	714.9	717.4	720.0	722.7	725.3	727.9	730.5
99	733.2	735.8	738.5	741.1	743.8	746.5	749.2	751.9	754.6	757.3
100	760.0	762.7	765.5	768.2	771.0	773.7	776.5	779.3	782.1	784.9

V_1. Druck gesättigten Wasserdampfes in Millimetern.

Temperatur	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
°	mm	mm	mm	mm	mm
— 14	1.56	1.54	1.51	1.49	1.46
— 13	1.69	1.67	1.64	1.61	1.59
— 12	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
— 11	1.99	1.96	1.93	1.90	1.87
— 10	2.15	2.12	2.08	2.05	2.02
— 9	2.33	2.29	2.25	2.22	2.19
— 8	2.51	2.48	2.44	2.40	2.36
— 7	2.72	2.67	2.63	2.59	2.55
— 6	2.93	2.89	2.84	2.80	2.76
— 5	3.16	3.11	3.07	3.02	2.98
— 4	3.41	3.36	3.31	3.26	3.21
— 3	3.67	3.62	3.56	3.51	3.46
— 2	3.95	3.89	3.84	3.78	3.72
— 1	4.25	4.19	4.13	4.07	4.01
0 {	4.57	4.50	4.44	4.37	4.31
	4.57	4.63	4.70	4.77	4.84
1	4.91	4.98	5.05	5.12	5.20
2	5.27	5.35	5.42	5.50	5.58
3	5.66	5.74	5.82	5.90	5.98
4	6.07	6.15	6.24	6.33	6.42
5	6.51	6.60	6.69	6.78	6.88
6	6.97	7.07	7.17	7.26	7.36
7	7.47	7.57	7.67	7.78	7.88
8	7.99	8.10	8.21	8.32	8.43
9	8.55	8.66	8.78	8.90	9.02
10	9.14	9.26	9.39	9.51	9.64
11	9.77	9.90	10.03	10.16	10.30
12	10.43	10.57	10.71	10.85	10.99
13	11.14	11.28	11.43	11.58	11.73
14	11.88	12.04	12.19	12.35	12.51
15	12.67	12.84	13.00	13.17	13.34
16	13.51	13.68	13.86	14.04	14.21
17	14.39	14.58	14.76	14.95	15.14
18	15.33	15.52	15.72	15.92	16.12
19	16.32	16.52	16.73	16.94	17.15
20	17.36	17.58	17.80	18.02	18.24
21	18.47	18.69	18.92	19.16	19.39
22	19.63	19.87	20.11	20.36	20.61
23	20.86	21.11	21.37	21.63	21.89
24	22.15	22.42	22.69	22.96	23.24
25	23.52	23.80	24.08	24.37	24.66
26	24.96	25.25	25.55	25.86	26.16
27	26.47	26.78	27.10	27.42	27.74
28	28.07	28.39	28.73	29.06	29.40
29	29.74	30.09	30.44	30.79	31.15
30	31.51	31.87	32.24	32.61	32.99

Nach Jelineks Psychrometertafeln, V. Auflage (1903) Seite 2 und 3.

V_2. Tabelle zur Berechnung der Spannkraft des Wasserdampfes in der Atmosphäre aus Psychrometerbeobachtungen.

$-0.0008\,(t'-t'')\,b = e_2$ — $-0.000691\,(t'-t'')\,b = e_2$

b.	$t'-t''$										Wenn das feuchte Thermometer mit Eis bedeckt ist. $t'-t''$.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3
400	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20	0.28	0.55	0.83
420	0.34	0.69	1.02	1.34	1.68	2.02	2.35	2.69	3.02	3.36	0.29	0.58	0.87
440	0.35	0.70	1.06	1.41	1.76	2.11	2.46	2.82	3.17	3.52	0.30	0.60	0.91
460	0.37	0.74	1.10	1.47	1.84	2.21	2.57	2.94	3.31	3.68	0.32	0.63	0.95
480	0.38	0.77	1.15	1.53	1.92	2.30	2.69	3.07	3.46	3.84	0.33	0.66	0.99
500	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00	0.35	0.69	1.04
520	0.42	0.84	1.25	1.66	2.08	2.50	2.93	3.33	3.74	4.16	0.36	0.72	1.08
540	0.43	0.87	1.30	1.73	2.16	2.59	3.05	3.46	3.89	4.32	0.37	0.75	1.12
560	0.45	0.90	1.34	1.79	2.23	2.69	3.14	3.58	4.03	4.48	0.39	0.77	1.16
580	0.46	0.93	1.39	1.86	2.32	2.78	3.25	3.71	4.18	4.64	0.40	0.80	1.20
600	0.48	0.96	1.44	1.92	2.40	2.88	3.36	3.84	4.32	4.80	0.41	0.83	1.24
620	0.50	0.99	1.49	1.98	2.48	2.98	3.47	3.97	4.46	4.96	0.43	0.86	1.28
640	0.51	1.02	1.54	2.05	2.56	3.07	3.58	4.10	4.61	5.12	0.44	0.88	1.33
660	0.53	1.06	1.58	2.11	2.64	3.17	3.70	4.22	4.75	5.28	0.46	0.91	1.37
680	0.54	1.09	1.63	2.18	2.72	3.26	3.81	4.35	4.90	5.44	0.47	0.94	1.41
700	0.56	1.12	1.68	2.24	2.80	3.36	3.92	4.48	5.04	5.60	0.48	0.97	1.45
720	0.58	1.15	1.73	2.30	2.88	3.46	4.03	4.61	5.18	5.76	0.50	1.00	1.49
740	0.59	1.18	1.78	2.37	2.96	3.55	4.14	4.74	5.38	5.92	0.51	1.02	1.53
760	0.61	1.21	1.83	2.44	3.04	3.65	4.26	4.87	5.48	6.08	0.53	1.05	1.57
780	0.63	1.24	1.89	2.51	3.12	3.75	4.37	5.00	5.63	6.24	0.54	1.08	1.62

$\sigma = e_1 - e_2$, wobei e_1 aus Tabelle V_1 genommen wird.

Eine kleine Tafel für Druck (Spannkraft) des gesättigten Wasserdampfes in Millimetern ist auf Seite 639.

VI. Barometrische Höhentafel.

Ergänzung zu Tafel V in Vogels Beitrag, Seite 161—163.

B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur	
	— 10°	— 5°		— 10°	— 5°		— 10°	— 5°
mm	m	m	mm	m	m	mm	m	m
450	4069	4146	485	3489	3556	520	2952	3008
451	4052	4129	486	3474	3540	521	2937	2993
452	4034	4111	487	3458	3523	522	2922	2978
453	4017	4094	488	3442	3507	523	2907	2963
454	4000	4076	489	3426	3491	524	2893	2948
455	3983	4059	490	3410	3475	525	2878	2933
456	3966	4042	491	3394	3459	526	2863	2918
457	3949	4024	492	3379	3443	527	2848	2903
458	3932	4007	493	3363	3427	528	2834	2888
459	3916	3990	494	3347	3411	529	2819	2873
460	3899	3973	495	3332	3395	530	2804	2858
461	3882	3956	496	3317	3380	531	2790	2843
462	3865	3939	497	3302	3364	532	2775	2828
463	3848	3922	498	3286	3348	533	2761	2813
464	3832	3905	499	3270	3333	534	2746	2799
465	3815	3888	500	3255	3317	535	2732	2784
466	3799	3871	501	3240	3301	536	2717	2769
467	3782	3854	502	3224	3285	537	2703	2754
468	3765	3837	503	3209	3270	538	2689	2740
469	3749	3820	504	3193	3254	539	2674	2725
470	3732	3803	505	3178	3239	540	2660	2711
471	3716	3787	506	3163	3223	541	2646	2696
472	3700	3770	507	3147	3207	542	2631	2681
473	3683	3753	508	3132	3192	543	2617	2667
474	3667	3737	509	3117	3176	544	2603	2652
475	3651	3720	510	3102	3161	545	2589	2638
476	3634	3704	511	3087	3145	546	2575	2624
477	3618	3687	512	3072	3130	547	2560	2609
478	3602	3670	513	3057	3115	548	2546	2595
479	3586	3654	514	3041	3099	549	2532	2580
480	3570	3638	515	3026	3084	550	2518	2566
481	3554	3621	516	3011	3069	551	2505	2553
482	3537	3605	517	2996	3053	552	2490	2537
483	3521	3588	518	2982	3038	553	2477	2524
484	3505	3572	519	2967	3023	554	2462	2509

Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur	
	— 10°	— 5°		— 10°	— 5°		— 10° bzw. 35°	— 5°
mm	m	m	mm	m	m	mm	m	m
555	2449	2496	590	1976	2014	625	1531	1560
556	2434	2481	591	1963	2001	626	1519	1548
557	2420	2466	592	1950	1987	627	1506	1535
558	2407	2452	593	1937	1974	628	1494	1522
559	2393	2438	594	1924	1961	629	1482	1510
						1)	35°	
560	2380	2425	595	1911	1948	630	1721	1498
561	2365	2410	596	1898	1934	631	1707	1485
562	2351	2396	597	1885	1921	632	1692	1473
563	2338	2382	598	1872	1908	633	1678	1460
564	2325	2369	599	1869	1895	634	1664	1448
565	2310	2354	600	1847	1882	635	1650	1435
566	2296	2340	601	1834	1869	636	1635	1423
567	2283	2326	602	1821	1856	637	1621	1411
568	2269	2312	603	1808	1842	638	1607	1398
569	2257	2300	604	1795	1829	639	1593	1386
570	2243	2286	605	1782	1816	640	1579	1374
571	2230	2272	606	1769	1803	641	1565	1361
572	2216	2258	607	1757	1790	642	1550	1349
573	2202	2244	608	1744	1777	643	1536	1337
574	2189	2231	609	1732	1765	644	1522	1323
575	2176	2217	610	1719	1752	645	1508	1312
576	2162	2203	611	1706	1739	646	1494	1300
577	2149	2190	612	1694	1726	647	1480	1288
578	2135	2176	613	1681	1713	648	1466	1276
579	2122	2162	614	1668	1700	649	1452	1264
580	2109	2148	615	1655	1687	650	1438	1251
581	2095	2135	616	1643	1675	651	1424	1239
582	2082	2122	617	1631	1662	652	1411	1227
583	2069	2108	618	1618	1649	653	1397	1215
584	2056	2095	619	1605	1636	654	1383	1203
585	2042	2081	620	1593	1624	655	1369	1191
586	2029	2068	621	1581	1611	656	1355	1179
587	2016	2054	622	1568	1598	657	1341	1167
588	2003	2041	623	1556	1586	658	1328	1155
589	1989	2027	624	1544	1573	659	1314	1143

[1]) 630 1470 bei — 10°

Barometrische Höhentafel.

B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur		B	Lufttemperatur	
	35°	—5°		35°	—5°		35°	—5°
mm	m	m	mm	m	m	mm	m	m
660	1300	1131	695	833	724	730	388	337
661	1287	1119	696	820	713	731	376	327
662	1273	1107	697	807	702	732	363	316
663	1259	1096	698	794	690	733	351	306
664	1246	1084	699	781	679	734	339	295
665	1232	1072	700	768	668	735	326	284
666	1218	1060	701	755	657	736	314	273
667	1205	1048	702	742	646	737	302	262
668	1191	1036	703	729	634	738	290	252
669	1178	1025	704	716	623	739	277	241
670	1164	1013	705	703	612	740	265	230
671	1151	1001	706	691	601	741	253	220
672	1137	989	707	678	590	742	241	209
673	1124	978	708	665	578	743	229	199
674	1110	966	709	652	567	744	216	188
675	1097	954	710	640	556	745	204	177
676	1084	942	711	627	545	746	192	167
677	1070	931	712	614	534	747	180	156
678	1057	920	713	601	523	748	168	146
679	1043	908	714	589	512	749	156	135
680	1030	897	715	576	501	750	144	125
681	1017	885	716	563	490	751	132	115
682	1004	873	717	551	479	752	120	104
683	990	862	718	538	468	753	108	94
684	977	850	719	526	457	754	96	83
685	964	839	720	513	446	755	84	73
686	951	827	721	500	435	756	72	63
687	937	816	722	488	424	757	60	52
688	924	804	723	475	414	758	48	41
689	911	793	724	463	403	759	36	31
690	898	781	725	450	392	760	24	20
691	885	769	726	438	381	761	12	10
692	872	758	727	425	370	762	0	0
693	859	747	728	413	359	763	—12	—11
694	846	736	729	401	348	764	—24	—21
						765	—36	—31

In der Abhandlung von Herrn Professor Vogel sind auf Seite 157—163 die barometrischen Höhentafeln nach Jordan zum Abdruck gebracht, und zwar zwischen 0° und 30° Temperatur und Luftdruck von 450—765 mm. Es dürfte für die meisten Zwecke dieser Umfang der Tabellen genügen. Nach genauerer Erwägung schien es jedoch zweckmäfsig, eine Erweiterung des Umfanges der Temperatur nach der negativen Seite, nämlich von — 5° bis — 10° zu geben und von Luftdruck 630 mm an die Erweiterung auch über 30° hinaus bis zu 35° durchzuführen, was in der vorstehenden Tabelle geschehen ist; für Luftdruck von 630 mm an ist in derselben an Stelle von — 10° entsprechend der Höhe von 1470 m + 35° gesetzt mit 1721 m und in der nebenstehenden Reihe — 5° weitergeführt entsprechend 1498 m. Eine besondere Erklärung über den Gebrauch dieser Tafeln ist nicht erforderlich; die Interpolierung, die in den Tabellen von Vogel nach den Differenzen gegeben, ist für diese Erweiterung der Tabelle leicht zu ergänzen.

Nachtrag zu den Abhandlungen Ambronn: „Geogr. Ortsbestimmung“ Seite 73, und Plassmann: „Himmelsbeobachtungen usw.“ Seite 717.

Verzeichnis aller Sterne bis zur 6.5 Gröfse. Bearbeitet und zusammengestellt von J. u. R. Ambronn; mit erläuternder Einleitung herausgegeben von Dr. L. Ambronn, Professor der Astronomie an der Universität Göttingen. Berlin, J. Springer, 1906.

Zu Seite 73, Bd. I.

Als literarisches Hilfsmittel kann neben W. F. Wislicenus noch das eben erschienene „Handbuch der geogr. Ortsbestimmung“ von Dr. A. Marcuse empfohlen werden.

Nachtrag. Zu Seite 708 und 714.

Von dem grofsen Atlas der veränderlichen Sterne, den Prof. *Hagen* in Washington herausgibt, ist der zu Ende Februar 1906 erschienene fünfte Teil ein gutes Hilfsmittel für Reisebeobachtungen. Auf 21 Karten, deren Blattgröfse 25 × 30 qcm, sind 47 Veränderliche, nämlich alle, die im Minimum noch über der 7. Gröfse bleiben, einschliefslich Mira u. ähnl., nebst den Vergleichssternen dargestellt. Hierbei ist auch der südlichste Teil des Himmels, der gerade in diesem Punkte noch dringend der Beobachtung bedarf, vollständig berücksichtigt. Zu jeder Karte gehört ein Textblatt, das die Bezeichnungen, Positionen und Helligkeiten der vorkommenden Sterne nach den besten Quellen angibt, überdies auch mitteilt, welche Vergleichssterne die bekannteren Beobachter ausgewählt haben. Karten und Textblätter sind lose in eine Mappe gelegt. (*Atlas stellarum variabilium. Series V.* Berlin W. 62, Landgrafen Str. 12, Verlag von *Felix L. Dames*. Preis dieses, für Reisebeobachtungen zunächst in Betracht kommenden Bandes 37.20 Mark).

Sach- und Namenregister.

Druckfehler, Berichtigungen und Ergänzungen im I. Bande.

(Siehe auch Anhang.)

Seite 50, Zeile 13 v. o. ist der Gleichung für $T_1 - T$ noch „$= \sigma$“ hinzuzufügen.
„ 51, „ 20 v. o. fehlt „die“.
„ 59, Der Anmerkung unten ist beizufügen „Methode nach Dr. Meyermann“.
„ 65, Zeile 4 v. o. lies „in Richtung“ statt „Richtung“.
„ 79, „ 22 v. u. „ „den Hilfspunkt“ statt „dem . . .“.
„ 81, „ 2 v. u. „ „$\varrho^0 = \frac{180^0}{x} = 57.29578$“ statt . . . 57.2978“.
„ 81, „ 4 v. u. „ „$x = \frac{l\varrho^0}{\varepsilon^0} \; \frac{l\varrho'}{\varepsilon'} \; \frac{l\varrho''}{\varepsilon''}$“.
„ 81, „ 3 v. u. „ „3437.75′“ statt „3475.75“.
„ 95, „ 10 v. o. „ „werden“ statt „wurden“.
„ 103, „ 2 v. u. „ „Nesselwang“ statt „Kempten“.
„ 104, „ 4 v. u. „ „Tafel V“ statt „Tafel VI“.
„ 120, „ 1 v. u. „ „auf Figur 8“ statt „auf Seite 117“.
„ 141, „ 1 v. o. „ „Im Anhange V“ statt „ . . . IV“.
„ 148, „ 6 v. u. „ „Punkt“ statt „Punkte“.
„ 212, „ 14 v. u. und wieder 9 v. u. lies „Stand“ statt „Gang“.
„ 271, „ 4 v. o. lies „und wird sie“ statt „und sie“.
„ 289, „ 18 v. o. „ „Zersetzung“ statt „Zerstetzung“.
„ 340, „ 17 v. u. „ „desto“ statt „besto“.
„ 370, „ 4 v. u. „ „Eduard Brückner“ statt „Ernst Brückner“.
„ 374, „ 3 v. u. „ „Seismometer“ statt „Seismonometer“.
„ 379, „ 1 v. u. „ „Mistpoeffers“ statt „Mistoepfer“.
„ 399, „ 4 v. u. „ „magnetische Störung“ statt „elektrische Störung“.
„ 412, „ 18 v. o. „ „im Schwingungskasten“ statt „in Schwingungsdifferenz“.
„ 420, „ 10 v. u. „ „die“ statt „das“.
„ 456, „ 10 v. o. „ „$H = 0.18149$ statt „0.15149“.
„ 565, „ 7 v. u. hinter Hanftrosse fehlt „von“.
„ 681, „ 1 v. u. lies „eines Zeitballs“ statt „des Zeitballs“.
„ 691, „ 21 v. o. „ „der Mondscheibe“ statt „des Mondschattens“.
„ 726, „ 2 v. u. „ „von der Geschwindigkeit der Strömung“ statt „von des . . . . .“.
„ 735, „ 6 v. o. „ „anderseits, der Furten“ statt „anderseits, dann der . . .“.
„ 779, „ 6 v. o. ist hinter „Wien“ hinzuzufügen: „Bd. CXIV Abt. IIa. Juni 1905.“
„ 784, im dritten Absatz v. o. fällt „und wie sehr sie“ weg. Ferner lies „bis zu einem gewissen Grade“ statt „nur bis zu einem . . .“.
„ 805, Zeile 18 v. o. lies „Fitzgerald“ statt „Fritzgerold“.

Piererche Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

100